Aus dem Max-Planck-Institut für vergleichende Erbbiologie und Erbpathologie
(Direktor: Prof. Dr. rer. nat. Fritz Kaudewitz; früherer Leiter der
humangenetischen Arbeitsgruppe: Prof. Dr. med. Friedrich Vogel)
und aus dem Hirnstromlabor (Leiter: Prof. Dr. med. Wolfgang Götze)
der Neurochirurgisch-Neurologischen Klinik der Freien Universität Berlin
im Städtischen Krankenhaus Westend (Direktor: Prof. Dr. med. Arist Stender)

EEG-Untersuchungen an eineiigen Zwillingen im höheren Lebensalter

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Dietrich Heuschert

aus Greifswald

1963

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg

Dekan: Prof. Dr. med. Bernhard Schmidt

Referent: Prof. Dr. med. Friedrich Vogel

Korreferent: Prof. Dr. med. Arist Stender

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Promoviert am 29. Mai 1963

Sonderdruck aus

Zeitschrift für menschliche Vererbungs- und Konstitutionslehre,

Band 37, Heft 2, S. 128—172 (1963)

Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg

Z. menschl. Vererb.- u. Konstitutionslehre, 37 128—172 (1963)

Aus dem Max-Planck-Institut für vergleichende Erbbiologie und Erbpathologie (Direktor: Prof. Dr. F. KAUDEWITZ, früherer Leiter der humangenetischen Arbeitsgruppe: Prof. Dr. F. VOGEL), und aus dem Hirnstromlabor (Leiter: Prof. Dr. W. GÖTZE) der Neurochirurgisch-Neurologischen Klinik der Freien Universität Berlin im Städtischen Krankenhaus Westend (Direktor: Prof. Dr. A. STENDER)

EEG-Untersuchungen an eineiigen Zwillingen im höheren Lebensalter*

Von

DIETRICH HEUSCHERT

Mit 12 Textabbildungen

(Eingegangen am 4. Mai 1963)

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

* Unwesentlich gekürzte Fassung einer Inaugural-Dissertation zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde an der Freien Universität Berlin. Die Untersuchungen wurden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützt.

I. Einleitung

Ziel der Untersuchung

Zweck dieser Untersuchung war es, festzustellen, ob die aus der Literatur bekannte hohe genetische Determination des normalen Hirnstrombildes sich auch im höheren Lebensalter noch bei eineiigen Zwillingen (EZ) nachweisen läßt oder ob sich dann Differenzen bei den Paarlingen zeigen. Es sollte untersucht werden, in welchem Umfang die im Alters-EEG bei EZ auftretenden abnormen oder pathologischen Befunde konkordant oder diskordant sind, woraus sich ergeben sollte, welche dieser Merkmale erblich bedingt sind und welche nicht.

Dabei sollte geprüft werden, ob, und wenn ja, welche abnormen oder pathologischen EEG-Merkmale sich zur Krankheitsanamnese und zum Intelligenztestergebnis in Beziehung setzen lassen. Durch eine Wiederholung der Ableitungen nach einer gewissen Zeit waren die Konstanz der erhobenen Befunde und eventuelle Änderungen im Hirnstrombild nachzuweisen.

Diese Arbeit will damit sowohl ein Beitrag zur Genetik des normalen menschlichen EEG als auch allgemein ein Beitrag zum Alters-EEG sein.

II. Literaturüberblick

1. Zur Erblichkeit des normalen EEG

Die erste EEG-Untersuchung an EZ wurde von Davis u. Davis (1936) veröffentlicht. Die acht untersuchten Zwillingspaare hatten gleiche Ruhe-EEG-Muster, und vorkommende Unterschiede zwischen den Paarlingen waren nicht größer als Unterschiede bei einer Person an verschiedenen Tagen. Die Autoren

folgerten, daß das EEG-Muster wohl labil sei, daß der Grad der Labilität aber ein angeborenes Charakteristikum zu sein scheine. Dagegen kam RANEY (1939) in einer Untersuchung an 17 EZ zu dem Ergebnis, daß die EEG von EZ im Aspekt zwar sehr ähnlich erscheinen, daß sich bei der Analyse aber signifikante Differenzen ergeben, die im Einzelfall größer sein können als Unterschiede zwischen den EEG nichtverwandter Kinder, so daß man nur von einer „Ähnlichkeit" der EEG bei EZ sprechen könne.

LENNOX, GIBBS u. GIBBS (1945) untersuchten 55 EZ, 16 zweieiige Zwillinge (ZZ) und eine dreieiige Drillingsgruppe zwischen 5 und 61 Jahren, alle klinisch gesund. Sie hielten die EEG von EZ für identisch, wenn die Kurve des einen Paarlings die Fortsetzung von der des anderen sein könnte. Die EZ erwiesen sich hiernach zu 85% im Hirnstrombild als übereinstimmend, zu 11% als fraglich und zu 4% als nicht übereinstimmend. Bemerkenswert war der mit 25% hohe Anteil pathologischer EEG unter den Probanden, was für ein nicht auslesefreies Material spricht[31].

Die umfassendste Arbeit über die Erblichkeit des normalen EEG, dargestellt an meist jugendlichen Zwillingspaaren, stammt von VOGEL (1958). Seine Fragestellung lautete nicht nur: Wieweit gleichen sich die EEG eineiiger Zwillinge, sondern: Inwieweit und in welchen Merkmalen finden sich bei ihnen EEG-Unterschiede? Es handelte sich um eine auslesefreie Serie von 110 EZ und 98 ZZ, nach der Altersverteilung überwiegend zwischen 10 und 20 Jahren. Es wurden Ruhe- und Schlaf-EEG abgeleitet, die Reaktionen auf Augenöffnen und -schließen und auf Hyperventilation geprüft. Die Auswertungskriterien umfaßten den Grundrhythmus, den α-Index nach ROHRACHER, den Sub-α-Prozentsatz — das ist der Prozentsatz an Wellen unterhalb der α-Frequenz —, die Amplitude, die Kontinuität nach MOTOKAWA, die Phasenkoordination sowie qualitative Kriterien. Für jedes Einzelmerkmal konnte nachgewiesen werden, daß keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den gleichen Seiten einer Person gegenüber den gleichen oder verschiedenen Seiten bei EZ bestanden. Unter den 110 EZ-Paaren befand sich lediglich ein 14jähriges ♂♂ Paar, das sich im EEG diskordant verhielt; eine Ursache hierfür konnte nicht gefunden werden.

Auch in den qualitativen Merkmalen-Vorkommen von raschen oder trägen Wellengruppen, von Niederspannungskurven, Verteilung der Aktivität über die Konvexität u. a. — erwiesen sich alle EZ als gleich, wogegen nur 17 der 98 ZZ-Paare als „ähnlich" bezeichnet wurden. Bei dem qualitativen Merkmalsvergleich der Schlaf-EEG fand VOGEL bei nur drei EZ-Paaren wohl inkonstante Unterschiede. Von den ZZ glich sich nur ein Paar. Es wurde in dieser Untersuchung nicht nur festgestellt, daß das individuelle EEG genetisch determiniert ist, sondern daß dies auch für den Rhythmus der Gehirnreifung gilt. Das ging daraus hervor, daß ZZ in ihrer Hirnentwicklung nach dem EEG teilweise stark differierten, nie aber EZ, deren Reifung in Kontrolluntersuchungen auch konkordant fortschritt.

Angeregt durch die Ergebnisse VOGELS verglichen JUEL-NIELSEN u. HARVALD (1958) die EEG von acht erwachsenen EZ-Paaren, die von Geburt an getrennt aufgewachsen waren. Abgesehen von Differenzen, die wahrscheinlich noch durch die individuelle Variabilität und durch die Fehlerbreite bedingt sind, zeigt auch ihr Resultat, daß das normale EEG-Muster ausschließlich durch genetische Faktoren festgelegt ist und daß Umwelteinflüsse hierbei keine Rolle spielen.

Die seit diesen Untersuchungen veröffentlichten Arbeiten über das normale Zwillings-EEG brauchen nur kurz erwähnt zu werden. ARNDT u. Mitarb. (1956) prüften das EEG in Verbindung mit der vegetativen Tonuslage, wobei sich 14 EZ für beide Merkmale konkordant verhielten. Eine trophotrope Tonuslage soll einem frequenten α-Rhythmus entsprechen.

Weitere Untersuchungen, die die große Übereinstimmung der EEG eineiiger Zwillinge bestätigen, stammen von DENCKER (1958) (er wertete 30 EZ-Paare, von

denen jeweils ein Paarling ein Schädeltrauma erlitten hatte, aus), von BEAUSSART u. Mitarb. (1960), von GATTI u. GERVASIO (1959), von ENGEL u. Mitarb. (1961) (diese untersuchten ein Thoracophagenpaar) und von INOUYE (1961). Letzterer fand für verschiedene Frequenzbänder über verschiedenen Ableitepunkten unterschiedliche Konkordanzen bei den Zwillingen.

So häufig Familienuntersuchungen von Patienten mit pathologischen, meist paroxysmalen EEG-Veränderungen durchgeführt wurden, so selten von Personen mit normalen EEG.

GOTTLOBER stellte zwar 1938 eine statistisch nicht signifikante Ähnlichkeit der EEG zwischen Vater und Töchtern und Mutter und Söhnen fest, schrieb aber selbst dazu, daß zwischen den EEG der Eltern und ihren Nachkommen wohl doch keine echte Beziehung bestehe.

Diese Meinung ist seit den Untersuchungen VOGELS[105–108] überholt. Er verfolgte bestimmte Sonderformen des EEG, so das Niederspannungs-EEG, das Auftreten von 4–5 c/sec-α-Wellenäquivalenten und von β-Wellen.

Das in der Bevölkerung mit einer Häufigkeit von etwa 7% auftretende echte Niederspannungs-EEG zeigt einen in den meisten Fällen einfach autosomal dominanten Erbgang[106,108]. Eine gegenüber dem Erwartungswert geringere Zahl von Kindern mit dem Niederspannungs-EEG wird mit einem späteren Manifestationsalter dieses Merkmals erklärt. Erwarteter und gefundener Wert stimmten überein, wenn nur Söhne und Töchter von mindestens 19 Jahren zur Untersuchung herangezogen wurden. Für das von 4—5 c/sec α-Äquivalenten beherrschte EEG, ein sehr seltenes Merkmal, bei dem in der Ruheableitung statt der α-Wellen plötzlich 4—5 c/sec hochamplitudige Wellen auftreten, die sich beim Augenöffnen wie echte α-Wellen verhalten, konnte von VOGEL ein einfacher autosomaler recessiver Erbgang vermutet werden[105].

An bisher 224 Familien mit 814 Personen wurde das β-Wellen-EEG untersucht[107]. Es wurde ein schon früher von anderen Forschern erwähnter[69,91], aber noch nicht quantitativ gemessener Geschlechtsunterschied festgestellt. Frauen haben danach wesentlich häufiger β-Wellen, insbesondere vom diffusen Typ, als Männer, und bei beiden, besonders aber wieder bei Frauen, nimmt die Häufigkeit des β-Wellen-EEG mit dem Alter zu. Dagegen ist die Häufigkeit frontopräzentral auftretender β-Wellen nahezu unabhängig von Geschlecht und Alter. Im weiteren wurde bei Verwandten von Probanden mit frontopräzentralen β-Wellengruppen oder mit occipital durchlaufenden β-Wellen jeweils der gleiche β-Wellentyp, aber auch der diffuse Typ, gegenüber der Durchschnittsbevölkerung überzufällig häufig gefunden. Umgekehrt wurden unter den Verwandten der Probanden, die diffus über den Cortex verteilte β-Wellen zeigten, sowohl dieser Typ als auch die frontopräzentral und die occipital auftretenden β-Wellen häufig gefunden. VOGEL postuliert nach diesen — bisher bei noch grober Einteilung erhobenen — Befunden einen multifaktoriellen Erbgang des β-Wellen-EEG, wobei zur Manifestierung noch ein Schwellenwert hinzukommen soll. Für zwei besondere Typen der β-Wellen scheint allerdings ein einfach autosomal dominater Erbgang vorzuliegen: Es sind dies zum einen kurze, frontopräzentral auftretende Gruppen von sehr frequenten β-Wellen und zum anderen occipital betonte langsame β-Wellen, die sich wie α-Wellen verhalten. Nicht erblich bedingt, sondern durch schwere cerebrale Schädigung hervorgerufen, scheinen dagegen einige selten beobachtete, deutlich ausgeprägte, regelmäßige, frontopräzentrale β-Wellenbilder.

2. Zur Erblichkeit pathologischer EEG-Merkmale

Ein umfassender Literaturüberblick bis 1957 über die Genetik pathologischer EEG-Merkmale ist bei VOGEL (1958) veröffentlicht. Nochmals hervorgehoben

seien deshalb nur die Untersuchungen über das Anfalls-EEG bei Zwillingen von Lennox, Gibbs u. Gibbs[52,54]. 77 eineiige und 96 zweieiige Zwillingspaare mit einem Anfallsleiden bei mindestens einem Paarling wurden von ihnen ausgewertet. Hatte unter den EZ-Paaren ein Paarling ein Krampf-EEG, dann war das EEG des Zwillingspartners in keinem Fall normal. Bei der Heterogenität des Krankheitsbildes der Epilepsie ist eine absolute Konkordanz im Hirnstrombild bei EZ nicht zu erwarten. Dem entspricht, daß die höchste Übereinstimmung bei Paaren gefunden wurde, bei denen in der Anamnese kein exogenes Hirntrauma angegeben war. Hierunter verhielten sich von 30 Paaren mit paroxysmalen Entladungen 77% konkordant.

In weiteren Veröffentlichungen anderer Autoren, die aber meist nur wenige Paare untersuchten, wird immer wieder die Ähnlichkeit der EEG bei von Krampfleiden befallenen EZ-Paaren festgestellt, auch bei Diskordanz im klinischen Bild. Es werden aber auch häufig Unterschiede betont, die meist eine verschiedene Ausprägung der pathologischen EEG-Merkmale bei beiden Paarlingen betreffen*.

Ein siamesisches Zwillingspaar mit diskordanten EEG aus epilepsiebelasteter Familie untersuchte Brown (1959).

Größere Familienuntersuchungen von Epileptikern wurden von Strauss u. Mitarb. (1939), Lennox (1956), Davidson u. Watson (1956), Richter (1956), insbesondere aber von Harvald (1954 — 547 Angehörige von 237 Probanden untersucht) und zuletzt von J. D. u. K. Metrakos (1960, 1961) durchgeführt. Wo die übrigen Forscher eine nur allgemeine Häufung pathologischer EEG-Formen, speziell Dysrhythmien, unter den Verwandten von Patienten fanden, da kamen Metrakos u. Metrakos auf Grund ihrer Fragestellung und durch die strenge Auswahl des Patientengutes auch zu einer Erbgangshypothese. Sie führten ihre Untersuchungen mit einer Klassifikation mit klar umrissenen, vielfältigen, pathologischen EEG-Kriterien an einem klinisch eindeutig durch das Auftreten großer oder kleiner Anfälle, die sicher nicht durch ein exogenes Trauma hervorgerufen waren, charakterisierten Krankengut durch. Von den 195 Elternteilen und 223 Geschwistern ihrer 211 Patienten hatten 7,69% der Eltern und 36,77% der Geschwister die gleiche EEG-Abnormität wie die Patienten, nämlich typische oder atypische bilateral symmetrische 3 c/sec spices und waves. Bei den Patientengeschwistern waren diese EEG-Abnormitäten zweimal so häufig wie bei 103 Kontrollen. Die Alterskurve der befallenen Geschwister und Eltern zeigte eine reine unimodale Verteilung mit einem Gipfel bei 10 Jahren; bis zum Alter von 16 Jahren wiesen 45% der Geschwister das typische EEG-Merkmal auf. Die Autoren folgerten aus dieser Altersverteilungskurve, daß es sich bei der Epilepsieform mit dem „centrencephalen EEG" um ein autosomal dominates Gen mit wechselnder Penetranz handelt, wobei die Penetranz zur Zeit der Geburt sehr niedrig ist, dann aber bis zum 16. Lebensjahr nahezu komplett wird, nach dem 40. Lebensjahr dagegen wieder auf Null abfällt.

Rodin u. Whelan (1960) wählten ihr Krankenmaterial ebenfalls nach einer genau definierten EEG-Abnormität aus. Sie untersuchten die 27 Kinder aus zehn Familien, von denen ein oder beide Elternteile temporale Paroxysmen aufwiesen. 14 Kinder zeigten die gleiche Temporallappenabnormität wie ihre Eltern. EEG-Befunde bei einer Familie mit amaurotischer Idiotie[11], bei einer Familie mit der Spinalparalyse (Strümpell)[86] sind ebenso wie EEG-Befunde bei Patienten mit der Sichelzellanämie[37] und bei der Erwachsenenmucoviscidosis[6] unspezifisch. Es bleibt bei diesen EEG-Veränderungen die Frage, ob sie die Folge von Stoffwechselveränderungen oder von Hypoxämien — oder ein genetisch bedingtes Symptom der entsprechenden Krankheit sind.

* 12, 13, 30, 36, 40, 47, 59, 76, 79.

Eine Krankheit, bei der *typische* EEG-Veränderungen — ein anfallsweises Auftreten von β-Wellen und ϑ-Wellen — beobachtet wurden, ist die familiäre hyperkalämische Form der paroxysmalen Lähmung[5].

Bei ELLINGSON (1954) findet sich eine Zusammenstellung von zehn verschiedenen Untersuchungen an Schizophrenen. Der Prozentsatz an abnormen EEG reicht in diesen Arbeiten von 9—60%. Als Ergebnis konnte nur die allgemeine Häufung abnormer EEG unter Schizophrenen und ihren Angehörigen (so neun von zehn Untersuchern) herausgestellt werden. Auch neuere Familienuntersuchungen fanden nur eine größere Rate völlig unspezifischer EEG-Veränderungen bei Patienten und Verwandten[98,115]. Der Versuch, spezifische EEG-Veränderungen im klinisch uncharakteristischen Frühstadium der Chorea Huntington herauszuarbeiten, verlief negativ[110].

Interessant für die Frage der Genetik sind *Familienuntersuchungen* von Patienten mit psychischen Auffälligkeiten. LIBERSON u. SEQUIN (1945b) fanden unter denjenigen ihrer jugendlichen Patienten, deren Familienanamnese Fälle von abnormen Reaktionsweisen, Psychoneurosen, Alkoholismus, Selbstmord u.ä. enthielten, eine statistisch gerade noch sicherbare Häufung abnormer EEG-Formen gegenüber Patienten, deren Familienanamnese hierfür leer war. Nach Untersuchungen an Kindern mit Verhaltensstörungen und deren Eltern soll es bei diesen Kindern direkt angeborene EEG-Muster — meist eine Verlangsamung des Grundrhythmus — geben[49,50].

3. *Über Untersuchungen zum Alters-EEG*

Eine Tabelle soll die wesentlichen Untersuchungen, die an klinisch gesunden alten Menschen angestellt wurden, zusammenfassen (Tabelle 1). In dieser Zusammenfassung mögen in den Arbeiten von OBRIST, SILVERMAN u. BUSSE z.T. wohl die gleichen Patienten dargestellt sein.

Es fallen die sehr unterschiedlichen Prozentsätze der als abnorm eingestuften EEG auf, ein Zeichen für ein eben doch wohl nicht ganz homogenes Material und für das Fehlen übereinstimmender und allgemein anerkannter Auswertungskriterien. Bemerkenswert ist die seit DAVIS (1941) immer wieder festgestellte und von fast allen Autoren als Charakteristikum des Alters-EEG hervorgehobene Verlangsamung des α-Rhythmus bzw. das häufige Vorkommen langsamer Wellenformationen. GIBBS u. GIBBS (1950) beobachteten nach dem 40. Lebensjahr über den Temporallappen isolierte 6—8 c/sec-Wellen, wogegen andere Areale diese Wellen nicht vor dem 60. Lebensjahr zeigten.

Der Rückgang der α-Frequenz soll über die ganze Spanne des Erwachsenenlebens vor sich gehen. FRIEDLANDER (1958) wertete aus einem allgemeinen Krankenhaus die Routineableitungen von 814 Patienten im Alter von 20—89 Jahren mit normalen EEG aus. Das Ergebnis zeigt die folgende Zusammenstellung:

Alter	Prozentsatz an α-Wellen der Frequenz				
	8 c/sec	9 c/sec	10 c/sec	11 c/sec	12 c/sec
20—39	3,7	29,2	48,7	14,4	3,9
40—59	12,0	35,7	38,5	9,6	4,0
60—89	25,9	46,6	20,7	5,2	1,7

Daß die Abnahme der durchschnittlichen α-Frequenz sehr langsam vor sich geht, geht daraus hervor, daß diese Tendenz erst bei der Bildung von Bidekaden statistisch signifikant wurde.

Tabelle 1. *EEG-Untersuchungen an gesunden alten Menschen*

Verfasser	Jahr	Zahl der Fälle	Alter	Abnorme EEG %	Hauptsächliche EEG-Charakteristika
Mengoli	1952	34	55—93	etwa 65	In 26% langsame α-Rhythmen, dabei Tendenz zu schneller Aktivität und Reduktion der Amplitude
Mundy-Castle u. Mitarb.	1954	50	∅ 75,1	24	Gegenüber jugendlichen Erwachsenen α-Frequenz, Prozent-Zeit-α- und Amplitude niedriger, paroxysmale β-Rhythmen häufiger, ϑ-Wellen seltener
Obrist	1954	75	65—79	?	∅ α-Wellenfrequenz 9,1 c/sec ϑ-Wellen in 9%, meist bilateral frontal
		75	> 80	?	∅ α-Wellenfrequenz 8,6 c/sec, ϑ-Wellen in 17%
Strauss u. Mitarb.	1955	22	> 60		Patienten mit cataracta senilis! In 8 Fällen Ausbrüche von Wellen der Frequenz 1,5 bis 6 c/sec
		13	> 70	25	Gesunde! Nur in einem Fall Ausbrüche langsamer Wellen
Silverman u. Mitarb.	1955	145	> 60	48	Häufig langsame Wellen von 6—8 c/sec. In 25% fokale, in 10% fokale und diffuse Störungen
Sheridan u. Mitarb.	1955	?	> 55	?	In 25% Verlangsamung des dominanten Rhythmus unter 8 c/sec
Thaler	1956	116	> 60	62	Pathologische Merkmale korrelierten nicht direkt mit steigendem Alter
Busse u. Mitarb.	1956	223	> 60	51	Personen mit diffusen Störungen auf Grund von schnellen Wellenfolgen haben ein ∅-Alter von 69,6 Jahren, Personen mit diffusen Störungen auf Grund von langsamen Wellenfolgen eines von 80,0 Jahren. In 25% fokale Temporalstörungen
Maggs u. Turton	1956	82	> 60	55	In 26% fokale oder generalisierte langsame Wellen
Hirano	1957	400	> 60	?	Hypertoniker und Arteriosklerotiker unter den Probanden! In 15% bestand EEG-Muster vorwiegend aus Wellen von 8 c/sec oder weniger, in 24% vorwiegend aus Wellen von 13 c/sec oder mehr

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Verfasser	Jahr	Zahl der Fälle	Alter	Abnorme EEG %	Hauptsächliche EEG-Charakteristika
McADAM u. ROBINSON	1958	37	∅ 69	16	?
YAMAUCHI	1960	?	?	?	Gegenüber einer jüngeren Kontrollgruppe häufiger α-Wellenverlangsamung, β- und ϑ-Wellen
ANDERMANN u. STOLLER	1961	50	∅ 69,8	17	ϑ-Wellen in 2%, durchschnittliche dominante α-Wellenfrequenz 11 c/sec
VERDEAUX u. Mitarb.	1961	530	50—90	0	Nur Personen mit nichtpathologischen EEG ausgewertet! Überzeugende Verlangsamung des α-Grundrhythmus erst nach dem 60. Lebensjahr. Je mehr ϑ-Wellen, desto auffälliger α-Verlangsamung

Seltener wurde ein häufigeres Auftreten von β-Wellen im Alters-EEG betont*. OBRIST (1954) und SILVERMAN u. Mitarb. (1955) lehnten eine Häufung von β-Wellen im EEG der alten Menschen ab.

SILVERMAN u. Mitarb. (1955) sowie BUSSE u. Mitarb. (1956) waren wohl die ersten, die bei gesunden alten Menschen einen überraschend hohen Prozentsatz fokal gestörter EEG fanden, nämlich bei 25% ihrer Probanden, ohne daß diese hierfür klinische Erscheinungen oder anamnestische Hinweise boten. Die Herde traten zu 90% temporal auf, und von diesen wieder 75% über der linken Temporalregion. Diese Befunde wurden auch bei alten Patienten mit den verschiedensten psychischen und neurologischen Störungen wiederholt**. Allein SHERIDAN u. Mitarb. (1955) bestritten die Häufigkeit temporaler foci. Die Ursache dieser Herdstörungen wird in vasculären Insuffizienzen im Bereich der A. cerebri media gesehen[9], wobei diese chronische cerebrale Zirkulationsinsuffizienz nicht mit einer klinisch manifest gewordenen Störung zusammenfällt. In diesem Zusammenhang seien die Arbeiten von MEYER u. Mitarb. (1956) erwähnt, die an Patienten mit — z.T. latenter — cerebraler Blutzirkulationsinsuffizienz EEG-Ableitungen in waagerechter Lage und bei Neigung eines Kipptisches um 70° vornahmen. Bei der Neigung erschienen dabei in einer Reihe von Fällen δ- und ϑ-Wellen über der Temporalregion auf der Seite der verschlossenen oder komprimierten A. carotis, Wellen, die bei waagerechter Lage nicht vorhanden waren.

Dem Überblick über EEG-Charakteristika bei gesunden alten Menschen soll eine Zusammenstellung von Untersuchungen an einem den klinischen Diagnosen nach sehr unterschiedlichen Krankenmaterial folgen (Tabelle 2). Es handelt sich dabei überwiegend um alte Patienten mit einer Schizophrenie oder anderen in der angelsächsischen Literatur häufig als „funktionell" bezeichneten psychischen Störungen und um Patienten mit cerebralarteriosklerotischen Störungen. In wenigen Arbeiten wird leider zwischen Patienten mit einem chronisch-organischen Hirnleiden und solchen mit „funktionellen" Störungen so klar unterschieden wie bei OBRIST u. HENRY (1958a) und PAMPIGLIONE u. POST (1958).

* 22, 28, 38, 65, 69, 70, 109, 116.

** 3, 23, 35, 74.

Verfasser	Jahr	Zahl der Fälle	Alter	Abnorme EEG %	EEG-Charakteristika	Klinische Diagnosen
Greenblatt u. Mitarb.	1944	99	> 55	43	Langsame Frequenzen (S_1 nach Gibbs) in 11% (bis zu 55 Jahren in 5%), schnelle Frequenzen (F_1) in 14% (bis zu 55 Jahren in 20%)	Psychosen verschiedener Ursachen
Liberson u. Sequin	1945a	53	?	etwa 66	In 36% schwer abnorme EEG mit Wellen unter 8 c/sec	Senile und cerebral-arteriosklerotische Demenz
Mengoli	1952	71	55 93	etwa 65	In 25% langsame, häufig irreguläre Rhythmen; häufig schnelle Wellenfolgen mit Desorganisation des Grundrhythmus und Reduktion der Amplitude	Meist cerebralarteriosklerotische Demenz
Luce u. Rothschild	1953	110	65—86	57	In 74,5% der Patienten mit organischen und in 12% der Patienten mit funktionellen Psychosen Verlangsamung des dominanten Grundrhythmus auf 8 c/sec oder weniger	Cerebralarterioklerotische und „funktionelle" Psychosen
Mundy-Castle u. Mitarb.	1954	104	⌀ 73,4	54	Allgemeine Verlangsamung des Grundrhythmus und Auftreten langsamer Wellen. Geringe β-Wellenaktivität	„Senile" Psychosen
Silverman u. Mitarb.	1955	110	> 60	78	Häufig langsame Wellen. In 15% focale, in 30% focale und diffuse Störungen	Hospitalisierte senile Patienten ohne neurologische Störungen
Sheridan u. Mitarb.	1955	147	> 55	?	Verlangsamung des dominanten Rhythmus auf 8 c/sec oder weniger bei klinisch leichten Fällen in 25%, bei schweren Fällen in 60%	Arteriosklerotische Gehirnsyndrome
Maggs u. Turton	1956	96	> 60	54	In 27% focale oder generalisierte langsame Wellenaktivität	Patienten mit Depressionen
* Barnes u. Mitarb.	1956	198	> 60	65	Hauptstörung unter den organisch Kranken war eine allgemeine Verlangsamung; unter den psychiatrisch Kranken war die Hälfte der diffusen Störungen durch schnelle Rhythmen hervorgerufen	Psychiatrisch Kranke und Patienten mit cerebral-arteriosklerotischer seniler Demenz
McAdam u. Robinson	1956 1958	50 18	65—93	50	Hauptstörung war eine niederfrequente Aktivität	Cerebralarteriosklerotische Demenz

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Verfasser	Jahr	Zahl der Fälle	Alter	Abnorme EEG %	EEG-Charakteristika	Klinische Diagnosen
Weiner u. Schuster	1958	71	?	78	Verlangsamung des Grundrhythmus und Irregularität. Nur in 4% schnelle EEG-Muster	Senile und präsenile Demenz, Korsakow-Syndrom u.a.
Harvald	1958				α-Frequenz / Foci (temporal)	Patienten mit Depressionen, Cerebralarteriosklerose u.a.
		186	60—69	46	2% < 8 c/sec / 17%	
		92	70—79	52	6% < 8 c/sec / 18%	
		21	> 80	71	24% < 8 c/sec / 19%	
Obrist u. Henry	1958a				diffuse / focale / gemischte δ- und ϑ-Wellen / Störungen	Patienten mit:
		45	65—94	38	10 Fälle / 8 Fälle / 1 Fall	„funktionellen"
		13		100	11 Fälle / 5 Fälle / 2 Fälle	zweifelhaften
		45		91	37 Fälle / 7 Fälle / 15 Fälle	chronisch organischen Gehirnleiden
Pampiglione u. Post	1958	89	> 60	47	?	Patienten mit: funktionellen
				91		organischen Gehirnstörungen
Frey u. Sjögren	1959	245	> 60	?	α-Frequenz von 9 c/sec und weniger häufiger bei „Psychotikern" gegenüber „Nichtpsychotikern", bei Dementen gegenüber Nichtdementen und bei über 70jährigen gegenüber unter 70jährigen. β-Wellen bei „Psychotikern" seltener als bei „Nichtpsychotikern" (22:50%); focale Störungen und Dysrhythmen häufiger	Cerebralarteriosklerotische Störungen mit oder ohne Psychosen
Turton u. Warren	1960	274	> 60	52	Diffus langsame Wellen bei fast $^1/_4$ aller Patienten	Patienten einer psychiatrischen Klinik
Jaffe u. Reisman	1960	100	65—98	33	?	Schizophrenie und Cerebralsklerose
Andermann u. Stoller	1961	50	⌀ 77,3	61	ϑ-Wellen in 31%. Dominante α-Frequenz 9 bis 9,5 c/sec	Insassen eines Genesungsheimes
		50	⌀ 68,3	62	ϑ-Wellen in 34%. Dominante α-Frequenz 7 bis	Gemütskranke Patienten

Von einem im Durchschnitt nur gering höheren Prozentsatz der als pathologisch angesehenen EEG abgesehen sind die Hauptcharakteristika dieser EEG die gleichen wie bei gesunden Alten, nämlich das gehäufte Auftreten von Zwischenwellen und die Verlangsamung des α-Grundrhythmus. Als typischen Befund bei der Cerebralarteriosklerose bezeichnet Harvald (1958) eine Beimischung irregulärer langsamer Aktivität zum Grundrhythmus. Erwartungsgemäß besteht ein Unterschied in der Häufigkeit pathologischer EEG-Formen zwischen Patienten mit nur psychiatrischen Störungen und solchen mit einem chronisch-organischen Gehirnleiden. Dabei soll mit fortschreitender Arteriosklerose die Wahrscheinlichkeit für eine Verlangsamung des EEG-Grundmusters wachsen[60,73].

Viele Autoren verglichen die EEG dementer alter Patienten mit dem Grad der Demenz und fanden eine von leichten zu schwereren Geistesstörungen steigende Rate pathologischer EEG*. Allein Mengoli (1952) fand bei Patienten mit Cerebralsklerose, seniler Demenz und ähnlichen Leiden keine dem Alter, der Krankheit und der Dauer des Leidens entsprechenden Veränderungen im EEG.

Zu einem interessanten Ergebnis kamen Turton u. Warren (1960) in einer Untersuchung an 274 geisteskranken Patienten über 60 Jahre. Danach hat weder der Typ noch der Grad der EEG-Veränderungen eine Beziehung zur 28,4% bei Männern und 23,2% bei Frauen betragenden Sterblichkeitsrate der Insassen eines Krankenhauses innerhalb von 3 Jahren.

Ein Hyperventilationseffekt im Sinne einer deutlichen oder mäßigen Aktivierung mit einer Frequenzverlangsamung kommt nach dem 61. Lebensjahr nach Gibbs, Gibbs u. Lennox (1943) nur noch bei 2% der Bevölkerung vor, gegenüber 24% bei 16—20jährigen. Obrist (1954) stellte bis auf wenige Ausnahmen bei über 60jährigen nur ganz leichte EEG-Veränderungen, und zwar eine Verminderung der Amplitude, fest.

Eine allgemeine Verlangsamung des Grundrhythmus ist auch das häufigste EEG-Charakteristikum bei Patienten mit einer Hirnatrophie (Morbus Alzheimer, Morbus Pick und der Chorea Huntington)**. An weiteren pathologischen EEG-Merkmalen werden eine generalisierte Dysrhythmie, foci und eine paroxysmale Aktivität beschrieben. Dabei korreliert die Schwere der EEG-Veränderung in der Regel mit der Schwere des klinischen Bildes***; typische, für die Hirnatrophie charakteristische Veränderungen konnten von keinem der Untersucher festgestellt werden.

Nach einer Beobachtung von Lundervold u. Mitarb. (1962) kommt bei unter 60jährigen Patienten mit einer Hirnatrophie mehr als zweimal so häufig ein α-Rhythmus von 10 c/sec oder mehr vor als bei über 60jährigen. Die Häufigkeit des α-Rhythmus von 9 c/sec oder weniger war dagegen fast unabhängig vom Alter.

4. Über EEG-Untersuchungen im Zusammenhang mit Intelligenztesten

Vor der Referierung der Arbeiten, die sich mit dem Vergleich einiger EEG-Merkmale mit der Intelligenz oder mit psychologischen Besonderheiten befassen, seien einige Untersuchungen zur Genetik der Intelligenz erwähnt.

Von Husén (1959) stammt folgende Zusammenfassung von Intelligenztestkorrelationen an Zwillingen (Tabelle 3).

Husén registrierte bei EZ eine durchschnittliche Testdifferenz von vier Punkten, bei ZZ eine Differenz von acht Punkten.

* 22, 42, 56, 60, 63, 70, 99, 114.

** 7, 58, 61, 90, 94, 110, 111, 117.

*** 61, 90, 94, 117.

Eine hohe Korrelation des Testes spricht nicht immer für eine hohe genetische Grundlage der gemessenen Fähigkeiten; HUSÉN betont, daß man bei einer angenommenen intra-class-correlation bei EZ von $r = 0{,}90$ die Differenz zu 1,0 nicht als Maß für den Umwelteinfluß halten dürfe, denn beispielweise sei der Ravensche Matrizentest als cultur-free-Test viel mehr von erblichen Faktoren bestimmt als Verbalteste, mit denen der Ravensche Test auch schlecht korreliere und bei dem EZ-Partner nur mit $r = 0{,}63$ und ZZ-Partner mit $r = 0{,}52$ korrelieren.

Tabelle 3

Verfasser		EZ		ZZ		
		N	r	N	r	
WINGFIELD u. SANDIFORD	1928	45	0,90	57	0,70	
NEWMAN, FREEMAN u. HOLZINGER	1937	50	0,91	52	0,64	Binet
	1937	50	0,92	52	0,62	Otis
STOCKS u. KARN	1933	68	0,84	119	0,65	
HUSÉN	1951	36	0,87	71	0,55	I-Test
WICTORIN	1952	128	0,85	141	0,70	Simplex
WICTORIN	1952	128	0,91	141	0,73	C-Test
HUSÉN	1959	215	0,90	416	0,70	I-Test
Im Durchschnitt:			0,89		0,67	

Wie groß Testdifferenzen bei EZ werden, wenn ein Paarling einen exogenen Hirnschaden erleidet, zeigen die Untersuchungen von LENNOX u. COLLINS (1945). Bei 47 gesunden EZ-Paaren bestand eine durchschnittliche IQ-Differenz (gemessen nach dem Wechsler-Bellevue- oder Stanford-Binet-Test) von sechs Punkten, bei ZZ eine von zehn Punkten. Die Differenz bei EZ ist nicht größer, wenn ein oder beide Paarlinge an einer genuinen Epilepsie leiden, steigt aber auf 30 Punkte, wenn einer der Zwillinge einen exogenen Hirnschaden erlitt. Die Korrelationskoeffizienten betrugen für Epileptiker mit klinisch gleichen Anfällen $r = 0{,}82$, und für Epileptiker, bei denen ein Paarling ein Hirntrauma erlitt, $r = 0{,}47$. Daß andererseits im Einzelfall auch ohne Schädeltrauma große Testdifferenzen bei EZ vorkommen, geht aus einer Abbildung bei LENNOX und COLLINS hervor, wonach unter den 47 gesunden Zwillingspaaren ein Paar eine Testdifferenz von 19 Punkten, zwei Paare eine mit etwa 17 und weitere zwei Paare mit etwa 14 Punkten hatten. Nach einer Tabelle von FULLER u. THOMPSON (1960) differieren getrennt aufgewachsene EZ-Paarlinge in ihren Intelligenztestergebnissen kaum von zweieiigen Paaren.

Von JARVIK u. Mitarb. (1957) wurde die Intelligenztestdifferenz in einer Verlaufskontrolle an alten Zwillingen geprüft. Sie stellten nach einem Zeitraum von 8 Jahren ein wahrnehmbares, aber statistisch nicht sicherbares Zunehmen der Testdifferenz bei EZ (nicht bei ZZ) fest.

Im Zusammenhang mit dieser Untersuchung interessierte eine eventuell vorhandene Beziehung zwischen der Intelligenzhöhe und dem EEG. — Eine positive Korrelation — $r = +0{,}34$ — zwischen der α-Frequenz und dem Intelligenzquotienten (gemessen am Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene) wurde in einem Isolat an 96 weißen Farmern in Südafrika gefunden[71]. Auffallend war in dieser Untersuchung der hohe Anteil pathologischer EEG (51 %) und der sehr niedrige mittlere IQ (= 75). Da dies mit der nachgewiesenen Inzucht erklärt wird, liegt es nahe, diese in der Literatur sonst nicht weiter nachgewiesene bzw. abgelehnte Korrelation[20, 26, 87] zwischen IQ und α-Frequenz oder anderen EEG-Variablen aus ähnlichen Ursachen als nur scheinbar anzusehen.

Shagass (1946) fand bei 1100 Fluganwärtern keine Beziehung zwischen der α-Frequenz und der Punktzahl im R.C.A.F.-Classifikationstest. Überzeugend und statistisch sicherbar waren dagegen Ergebnisse einer Untersuchung von Thaler (1956) an gesunden alten Menschen von über 60 Jahren, nach denen Personen mit diffus oder diffus + focal gestörten EEG beim Wechsler-Bellevue-Test weniger Punkte erhielten als Personen mit normalen oder fokal gestörten EEG. Ein gleicher Befund wurde von Busse u. Mitarb. (1956) auf alte Patienten mit psychiatrischen und neurologischen Syndromen eingeschränkt. Ein durch die Methode bestechendes und im Resultat überraschendes Ergebnis hatte Kløve (1959); er untersuchte 185 Patienten mit verschiedenen Gehirnschäden (Tumor, Contusio, Epilepsie u.a.). Die EEG wurden nach dem Maximum der vorhandenen Abnormität in Gruppen geteilt:

1. Gruppe: größte EEG-Störung über der rechten Hemisphäre;
2. Gruppe: größte EEG-Störung über der linken Hemisphäre;
3. Gruppe: EEG-Störung gleichmäßig über der rechten und linken Hemisphäre;
4. Gruppe: normale EEG.

Den Patienten wurde der Wechsler-Bellevue-Test vorgelegt. Im Ergebnis lag der Mittelwert für den Verbalteil des Testes bei der ersten Gruppe um 10,6 Punkte höher als der Mittelwert aus dem Handlungsteil; bei der zweiten Gruppe lag er 6,4 Punkte niedriger. Beim Vergleich der ersten — den Patienten mit rechtsseitigen EEG-Störungen — mit der vierten Gruppe — Probanden mit normalen EEG — bestanden deutliche Differenzen für den Handlungsteil, nicht aber für den Verbalteil. Dagegen waren Patienten mit linksseitig gestörten EEG deutlich im Verbalteil beeinträchtigt.

III. Methodik der eigenen Untersuchungen

1. Gewinnung der Zwillinge und die Eineiigkeitsdiagnose

Da in dieser Arbeit nicht so sehr zur Frage stand, inwieweit das normale menschliche EEG erblich ist, sondern inwieweit im Alter Veränderungen auftreten und inwieweit diese durch genetische Faktoren bedingt sind, beschränkte sich die Untersuchung auf EZ-Paare über 50 Jahre. Die wesentlichen Untersuchungen wurden vom Herbst 1959 bis zum Herbst 1960 durchgeführt. Die Anschriften der Paare erhielten wir von Berliner Pfarrern, katholischen Pfarrämtern und von Altersheimen, die um Adressen ihnen bekannter Zwillingspaare angeschrieben worden waren. Von den uns nachgewiesenen 56 Paaren lehnten 13 die Mitarbeit ab. Von den verbleibenden 43 Paaren waren 17 zweieiig. Untersucht wurden 26 eineiige Paare. Die Alters- und Geschlechtsverteilung zeigt Abb. 1.

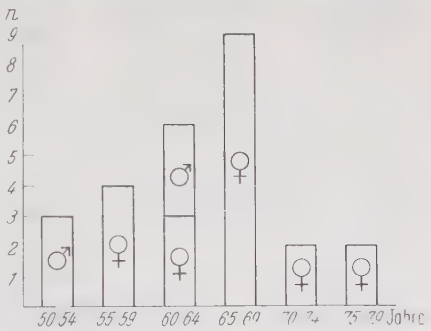

Abb. 1. Altersverteilung der 26 EZ-Paare

Bei einer Variationsbreite von 50 bis zu 79 Jahren beträgt das Durchschnittsalter 64 Jahre. Daß den 20 weiblichen Paaren nur sechs männliche Paare gegenüberstehen, erklärt sich wohl aus der Tatsache, daß die weiblichen Paare im Gegensatz zu den männlichen meist zusammenwohnen und damit ihrer Umgebung auch als Zwillinge bekannt sind.

Die Eineiligkeitsdiagnose wurde nach einem polysymptomatischen Ähnlichkeitsvergleich nach SIEMENS-v. VERSCHUER gestellt. Hierbei wurden Haarfarbe, Haardichte, Haarbegrenzung vorne und hinten, Wirbelbildung, die Augenfarbe, Kopfmaße und andere Merkmale, die ohne Entkleiden der Probanden erkennbar sind, bestimmt*. Durch die Bestimmung einer Reihe von Blutgruppenfaktoren (A_1A_2B0 MN CcDEe P Le — letzteres nur teilweise —) wurde in jedem Fall die Eineiligkeitsdiagnose kontrolliert; Differenzen hatten sich nicht ergeben. Der Eineiligkeitsdiagnose folgte eine ausführliche Familien- und Krankheitsanamnese, wobei insbesondere nach Schädeltraumen und z.Z. eingenommenen Medikamenten gefragt wurde.

2. Die Technik der EEG-Untersuchungen

Die EEG-Ableitungen wurden im Hirnstromlabor der Neurochirurgisch-Neurologischen Abteilung der Universitätsklinik der Freien Universität Berlin durchgeführt. Mit Ausnahme von drei Zwillingspaaren wurden bei jedem Paar im Abstand von $^1/_4$ bis zu $^3/_4$ Jahr zwei EEG-Ableitungen vorgenommen.

Verwendet wurde ein Schwarzer-Gerät mit 16 unabhängigen Verstärkerkanälen. Abgeleitet wurde über zehn differente Elektroden, von acht Stellen über der Konvexität (jeweils rechts und links frontal, präzentral, parietal und occipital) und beiderseits temporal. Es wurden dann unipolare Ableitungen gegen das rechte und linke Ohr, bipolare Reihenableitungen und temporale Ableitungen durchgeführt, jede Einzelableitung wiederum mit einer Kanalumschaltung von rechts auf links und umgekehrt. Während der bipolaren Ableitung hyperventilierten die Zwillinge 3 min. Außerdem wurde die Reaktion auf Augenöffnen geprüft. Die Messung der Hyperventilationsgröße mittels eines Spirometers unterblieb ebenso wie die Anwendung anderer Provokationsmethoden, um die Zwillingspaare nicht zu vergrämen. Die Ableitung dauerte für ein Paar etwa $^3/_4$ Std.

Der 16kanälige Schwarzer-Apparat erlaubte eine gleichzeitige Ableitung beider Paarlinge. Der Gewinn gleicher äußerer Bedingungen hierbei wurde allerdings durch die nicht immer störungsfreien Kurven beeinträchtigt, weshalb die Zwillinge bei der Kontrollableitung nacheinander untersucht wurden.

3. Die Technik der Intelligenztestuntersuchungen

Zur Verwendung kam der Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene (HAWIE) und der Ravensche Matrizentest. Der HAWIE besteht aus 11 Untertesten, unterteilt in einen Verbalteil (fünf Unterteste und ein von den Autoren erst später hinzugefügter Wortschatztest) und einen Handlungsteil (fünf Unterteste). Die Teste des Verbalteiles (VT) bestehen aus den Untertesten: Allgemeines Wissen, Allgemeines Verständnis, Zahlennachsprechen, Rechnerisches Denken und Gemeinsamkeitenfinden; dazu kommt noch der Wortschatztest. Im Handlungsteil (HT) muß der Proband Bilder ordnen, Bilder ergänzen, aus Bauklötzen nach einer Vorlage bestimmte Muster zusammenlegen (Mosaiktest), Figuren legen und — im Zahlensymboltest — für eine Zahlenreihe der Ziffern 1—9 bestimmte Symbole eintragen, wobei die Schnelligkeit der Assoziation gemessen wird.

Der Ravensche Matrizentest ist ein sog. culture-free-Test, ein Test, der weitgehend unabhängig von der Schulbildung und anderen Umwelteinflüssen ist[78]. Den Versuchspersonen werden dabei Tafeln mit verschiedenen Mustern und Bildern gezeigt, auf denen jeweils ein Teilausschnitt fehlt. Aus 6—8 in Bild und Muster ähnlichen Abbildungen soll durch — von Tafe zu Tafel schwierigere —

* Die Eineiligkeitsdiagnose wurde in allen Fällen von Herrn Prof. Dr. VOGEL überprüft.

Kombinationen das in den jeweiligen Ausschnitt passende Bild herausgesucht werden (Abb. 2).

Beides sind Erwachsenenteste, aber keine für alte Personen zugeschnittenen Teste; die Standardisierung des HAWIE ist bis zum 59. Lebensjahr durchgeführt, die des Ravenschen Tests bis zum 65. Lebensjahr. In dieser Untersuchung waren nur sechs der getesteten Paare unter 60 Jahren. Hieraus erklären sich wohl auch manche Schwierigkeiten bei der Erhebung der Befunde. — Die Zeit für die Absolvierung des HAWIE betrug in der Regel 1 Std pro Person, für den Ravenschen Test $^1/_2$ Std.

Die Teste konnten nur wenigen Paaren vormittags im ausgeruhten Zustand vorgelegt werden. Natürlich wurden immer beide Paarlinge zur annähernd gleichen Tageszeit getestet. Bei keinem Paar gelang es, alle Teste in einer Sitzung vorzulegen; in der Regel absolvierten beide erst den HT und an einem der folgenden Tage den VT.

Die Teste wurden nach der in der Anleitung für den Versuchsleiter vorgeschriebenen Form vorgelegt. So streng wie wünschenswert konnten die verlangten Forderungen aber nicht immer durchgeführt werden. So mußte oft von vornherein das Mißtrauen der älteren Probanden, denen ja bewußt war, daß sie nicht mehr so leistungsfähig wie in jüngeren Jahren sind, und von denen einige auch wohl ahnen mochten, daß vorwiegend der Intelligenzabbau interessierte, zerstreut werden. Hinweise wurden nicht gegeben, doch mußte gelegentlich die Aufgabenstellung auch während des einzelnen Testes wiederholt werden, besonders beim Gemeinsamkeiten finden und Bilderordnen. Dies alles soll zeigen, daß die Erhebung strengen Maßstäben nicht immer genügte, soll erklären, daß die Ergebnisse mit einigen Fehlern belastet sind.

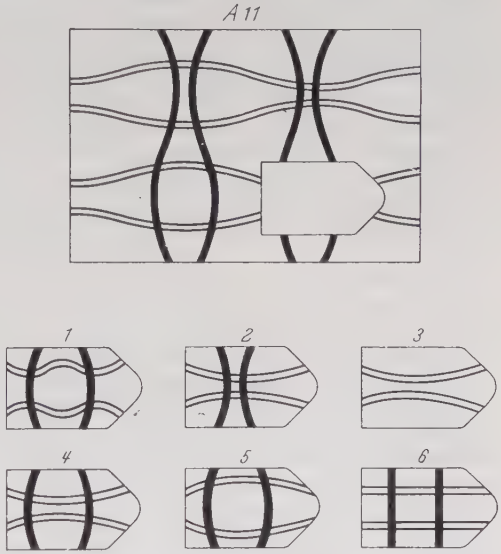

Abb. 2. Eine Tafel aus der ersten der insgesamt sechs Serien des Ravenschen Matrizentests (Nr. 4 ist die in diesem Beispiel richtige Lösung)

4. Die Auswertung der EEG

Die Auswertung der EEG erfolgte nach quantitativen und nach qualitativen Kriterien. — Bei Vogel (1958) findet sich eine kritische Zusammenstellung alter und von ihm neuentwickelter quantitativer Auswertungsmethoden. Hier werden deshalb nur die in dieser Untersuchung angewandten Methoden angeführt.

Der *Grundrhythmus* wurde aus dem Mittel aus 3—5 Messungen über jeweils 1 sec ermittelt und auf $^1/_2$ c/sec abgerundet. Von jedem EEG wurde die durchschnittliche Frequenz rechts und links aus einer unipolaren Ableitung gemessen.

Gezählt wurden dabei nur Kurven mit deutlichen α-Wellen, da niedergespannte EEG das Ergebnis zu leicht verfälscht hätten.

Als nächstes wurde der α-*Index* in der Modifikation von ROHRACHER (1950) bestimmt. Da in dieser quantitativen Untersuchung speziell nach Differenzen zwischen den Zwillingspartnern gesucht wurde, wurde der α-Index nur in einer unipolaren Ableitung occipital links ausgezählt. Man erhält den α-Index nach folgender Formel:

$$\frac{\text{Zahl der } \alpha\text{-Wellen in 10 sec}}{\text{Grundrhythmus} \cdot 10}.$$

Die beiden wichtigsten Maße wurden mit Hilfe eines von VOGEL (1958) angegebenen Planimeters zur Erleichterung der Auszählung bestimmt. Gezählt wurde damit zunächst die *Amplitude* jeder Welle, die mindestens $1^1/_2$ mm maß (bei einer Eichung von 7 mm bei 50 μV entsprach das 10,7 μV), gerechnet vom Fußpunkt des aufsteigenden Schenkels bis zum Gipfel. Ausgewertet wurden von jedem EEG aus der unipolaren Ableitung gegen das linke Ohr beiderseits die occipitalen Kurven in einer Länge 60 cm (20 sec), sofern die Qualität der Kurven es erlaubte, möglichst in einem zusammenhängenden Stück. Aus den gleichen Kurvenstücken wurde der von VOGEL eingeführte Prozentsatz an *sub-α-Wellen* gemessen. Es sind dies die Wellen unterhalb der α-Frequenz, hauptsächlich also ϑ-Wellen. Sehr frequente Wellen und sehr träge Grundlinienschwankungen wurden nicht mitgezählt.

Zum Schluß wurde, ebenfalls mittels des Planimeters, die *Phasenkoordination*, d.h. der Prozentsatz der occipitalen Wellen, die in der Phase rechts und links übereinstimmen, gemessen. Es wurde verglichen, ob der Gipfel einer Welle links occipital mit dem Gipfel einer Welle rechts occipital übereinstimmte (⊦) oder nicht (—). An 100 aufeinanderfolgenden Wellen wurde dies geprüft.

Es wäre ideal, mit den quantitativen Maßen der Amplitude, der Frequenz und der Phasenkoordination die wesentlichen Charakteristika eines EEG zahlenmäßig ausdrücken zu können. In Wahrheit wird über das individuelle EEG-Muster hiermit wenig ausgesagt, und speziell abnorme oder pathologische Merkmale kommen dabei kaum zum Ausdruck. Das soll eine qualitative Analyse des EEG versuchen.

So vielfältig individuelle Hirnstrombilder und die pathologischen Varianten sind, so vielfältig sind auch die in der Literatur angegebenen Bewertungskriterien. Für unsere Zwecke mußten wegen der Kleinheit der Serie und vor allem wegen der Tatsache, daß Gesunde und nicht Patienten zur Untersuchung kamen, möglichst viele Abweichungen vom normalen EEG erfaßt werden, auch wenn sie nur als „Grenzbefunde" zu werten waren.

Zunächst wurden die Kurven der Zwillingspaare nach folgenden Kriterien beurteilt:

1. α-Wellen. Maximale Ausprägung über dem Cortex, Ausbreitung, Kontinuität (geschätzt), mittlere Frequenz, mittlere Amplitude und Seitendifferenzen.
2. β-Wellen. Maximum der Ausprägung über dem Cortex, Häufigkeit (in Gruppen oder durchgehend), mittlere Amplitude und Frequenz.
3. ϑ-Wellen (und δ-Wellen). Maximum der Ausprägung über dem Cortex, Häufigkeit (geschätzt), mittlere Amplitude und Frequenz, Seitendifferenzen und Überlagerung eines regulären oder irregulären Grundrhythmus.
4. Hyperventilationseffekt und Verhalten des Grundrhythmus beim Off-Effekt.
5. Bemerkungen.

Die eigentliche Bewertung erfolgte nach den von Jung im Handbuch der Inneren Medizin angegebenen Kriterien. Das Vorkommen von Allgemeinveränderungen wurde bestimmt. Die Grenzbefunde wurden dabei als fragliche Allgemeinveränderungen eingestuft. Es wurden im einzelnen fragliche und sichere Foci, flache, frontopräzentral betonte Zwischenwellen, das Vorkommen aktiver dysrhythmischer Gruppen, das Vorkommen einer Frequenzlabilität oder einer allgemeinen α-Verlangsamung registriert.

Um zu demonstrieren, wie weit sich die EEG eineiiger Zwillinge im Alter nach dem intuitiven Eindruck noch gleichen, wurde ein im Anschluß an Travis u. Gottlober (1936, 1937), von Vogel (1958) verwendeter und von Juel-Nielsen u. Nielsen (1958) modifizierter sogenannter Blindklassifikationsversuch durchgeführt. Dazu wurde durch eine Hilfskraft von jedem Paarling ein typisches Kurvenstück herausgeschnitten. Beim einfachen Versuch sind die Kurvenstücke jeweils des ersten Paarlings auf dem Tisch ausgebreitet. Aus den Kurven der zweiten Paarlinge sind dann die richtigen Paare zu bilden. Bei dem Versuch unter erschwerten Bedingungen liegen alle Kurven, hier bei 26 Paaren also 52 Stück, auf dem Tisch ausgebreitet. Aus ihnen sind dann die richtigen Paare zusammenzustellen.

IV. Die Ergebnisse

1. Die quantitativen Kriterien

Von 26 Zwillingspaaren wurde ein EEG abgeleitet, von 23 Zwillingspaaren wurde auch ein Kontroll-EEG registriert. Die Differenz erklärt sich daraus, daß von zwei Paaren in der Zwischenzeit ein Paarling gestorben war und ein Paar sich zur Wiederholung nicht bereit fand.

Zwei Paare hatten ein niedergespanntes EEG, so daß zur Auswertung der quantitativen Kriterien aus der Erstableitung 48 (24 Paare) und aus der Zweitableitung 42 EEG blieben.

Der *Grundrhythmus* schwankte sowohl bei einer Person zu verschiedenen Zeiten als auch bei den gleichen Seiten der Zwillinge um nicht mehr als $^1/_2$ c/sec. Der Grundrhythmus nahm mit dem Alter ab; er betrug bei den jüngeren Paaren im Alter von 50—64 Jahren im Durchschnitt 10,5 c/sec, bei zwölf älteren Paaren im Alter von 65—79 Jahren durchschnittlich 9,5 c/sec.

Die durchschnittliche *Amplitude* aus beiden Ableitungen betrug occipital 44,21 μV. Es werden nun die Mittelwerte der Differenz rechter und linker Seite bei einer Person den Differenzen gleicher Seiten sowie entgegengesetzter Seiten bei den Zwillingspartnern gegenübergestellt (Ergebnisse aus der ersten und zweiten Ableitung zusammengefaßt).

Mittelwerte:

Differenz bei einer Person	3,46 μV
Gleiche Seiten bei EZ	6,21 μV
Verschiedene Seiten bei EZ	6,33 μV

Es scheint hiernach ein deutlicher Unterschied zwischen den Zwillingen zu bestehen. Aber dieser Unterschied ist nicht größer als der Unterschied bei einer Person in verschiedenen Ableitungen: Der Mittelwert der Differenz zwischen erster und zweiter Ableitung beträgt 6,37 μV.

Um festzustellen, ob die angegebenen Differenzen auf statistisch sicherbaren Unterschieden zwischen den Zwillingen beruhen, wurde durch die Varianzanalyse geprüft, ob die Abweichungen vom Mittelwert der Differenzen zwischen rechter und linker Seite bei einer Person, zwischen den gleichen Seiten und den verschiedenen Seiten bei EZ aus einem Kollektiv mit gleichen Mittelwerten und gleichen Streuungen entnommen sein könnten. Dies wurde getrennt sowohl für die erste als auch für die zweite Ableitung geprüft.

Für die erste Ableitung ergab sich für die Amplitude $F = 1{,}950$, für die zweite Ableitung $F = 4{,}246$. Für beide Werte liegt $P_{(m=1)} > 0{,}01$; statistisch sicherbare Differenzen liegen also nicht vor.

Durch das Vierfelderschema und das χ^2-Verfahren, wobei geprüft wird, ob festgestellte Abweichungen vom Mittelwert bei der ersten und zweiten Ableitung in der gleichen Richtung liegen, wird dies Ergebnis unterstrichen.

$$\chi^2 = 0{,}256$$
$$P_{(m=1)} = 0{,}64$$

Der durchschnittliche Prozentsatz an *Sub-α-Wellen* betrug occipital 4,87%.

Mittelwerte:

Differenz bei einer Person . .	0,88%
Gleiche Seiten bei EZ	1,44%
Verschiedene Seiten bei EZ .	1,39%

Beim Vergleich der Mittelwerte der Differenzen nach der Varianzanalyse finden sich in die Auswertung der ersten Ableitung statistisch sicherbare Differenzen: $F = 6{,}115$, $P_{(m=1)} < 0{,}01$, dagegen keine Unterschiede in der Auswertung der zweiten Ableitung: $F = 1{,}149$, $P_{(m=1)} > 0{,}01$.

Aus dem χ^2-Vergleich der Differenzen aus der ersten Untersuchung mit den Differenzen aus der zweiten Untersuchung geht jedoch hervor, daß die Abweichungen nicht konstant, sondern durch den Stichprobencharakter der Untersuchung und die Fehlerbreite der Methode bedingt waren: $\chi^2 = 1{,}901$, $P_{(m=1)} = 0{,}16$.

Der α-*Index* lag bei den 24 ausgewerteten Zwillingspaaren im Durchschnitt bei 61,3; die Mittelwert der Differenz zwischen Paarling I und Paarling II betrug 5,58 und zwischen der ersten Ableitung und der zweiten Ableitung bei einer Person 6,14. Mit einem $\chi^2 = 1{,}944$, $P_{(m=1)} = 0{,}16$ sind keine statistisch sicherbaren Unterschiede zwischen den Zwillingen nachzuweisen.

Das gleiche gilt für die *Phasenkoordination*. Im Durchschnitt betrug der Prozentsatz der in der Phase rechts und links korrelierenden Wellen 81,9%, der Mittelwert der Differenz zwischen Paarling I und Paarling II 3,98% und zwischen der ersten und zweiten Ableitung bei einer Person 3,62%. Das χ^2 betrug für die Phasenkoordination 0,642, $P_{(m=1)} = 0{,}36$. Das heißt: Auch hier liegen die Abweichungen zwischen beiden Paarlingen in beiden Ableitungen noch im Zufalls- oder Fehlerbereich.

2. Die qualitativen Kriterien

Unter der Hyperventilation wurde keine deutliche Aktivierung und kein vermehrtes Auftreten von Zwischenwellen beobachtet. Vier Paare zeigten konkordant lediglich eine leichte α-Wellenaktivität, bei drei weiteren Paaren zeigte sie ein Paarling, während der andere nur eine fragliche oder gar keine Aktivierung aufwies. Dieser Unterschied wurde auch bei einer Person in verschiedenen Ableitungen beobachtet und mag auf der unkontrollierten und sicher verschieden starken Hyperventilation beruhen.

Bis auf ein Paar wurden keinerlei Unterschiede in der Reaktion auf den Off-Effekt gefunden. Bei dem Ausnahmepaar behielt der eine Paarling durchgehend seinen amplitudengeringen Grundrhythmus, während er beim anderen verschwand und beim Augenschluß amplitudengroße α-Wellen auftraten. Auch dies war aber eine bei mehrmaliger Wiederholung nicht konstante Differenz.

Konkordant verhielten sich auch alle Paare in der Häufigkeit und in der Lokalisation von β-Wellen.

Unter den 26 Paaren hatte ein Paar ein reines β-Wellen-EEG (Abb. 3).

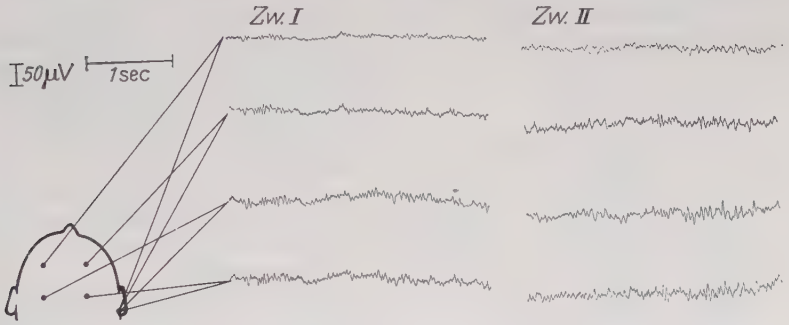

Abb. 3. Beispiel für konkordantes β-Wellen-EEG (♀♀, 58 Jahre)

Zwei weitere Paare zeigten aus α- und β-Wellen gemischte EEG. Bei dem einen Paar waren sie diffus über die Konvexität verteilt, beim anderen Paar nur frontopräzentral deutlich. Bei weiteren vier Paaren wurden meist frontopräzentral betonte Gruppen von 6—10 fortlaufenden β-Wellen gefunden, die aber in der Intensität während der Ableitungen schwankten. β-Wellen traten bei den 13 Paaren unter 65 Jahren genauso häufig auf wie bei den 13 Paaren über 65 Jahre.

Bei 15 Paaren wurden in deutlicher Ausprägung flache, frontopräzentral betonte ϑ-Wellen, die einen regelmäßigen oder unregelmäßigen Grundrhythmus überlagerten, festgestellt. Alle Paare verhielten sich mit kleinen Schwankungen in der Häufigkeit und Lokalisation dieser Wellen konkordant. Sie wurden häufiger bei den älteren Paaren gefunden. Fünf Paare gehörten zur jüngeren Gruppe von 50 bis zu 64 Jahren, zehn zu der älteren Gruppe von 65 bis zu 79 Jahren.

Unter die Allgemeinveränderungen sind neben den flachen, stark ausgeprägten und auch diffus auftretenden Zwischenwellen auch dysrhythmische Gruppen etwas aktiverer Zwischenwellen einbezogen.

Aus der Aufstellung in Abb. 4 geht hervor, daß kein Paarling eine leichte Allgemeinveränderung aufwies, dessen Partner nicht auch zumindest eine fragliche Allgemeinveränderung hatte. Auch hier findet sich eine Altersabhängigkeit. Zwei Paare der jüngeren Gruppe haben

konkordant eine leichte Allgemeinveränderung, sechs Paare mit einer Allgemeinveränderung bei mindestens einem Paarling gehören der älteren Gruppe an. Konkordant verhalten sich auch die Frequenzlabilität (als Beispiel Abb. 5) und die allgemeine Verlangsamung des α-Rhythmus. Beide Merkmale wurden bei jeweils drei Paaren gefunden.

Als Beispiel für die allgemeine „α"-Wellenverlangsamung werden die Kurven eines 63jährigen ♂♂ Paares abgebildet (Abb. 6).

Dagegen verhielten sich fragliche und sichere Herdbefunde bei den Zwillingspaaren diskordant.

Abb. 7 zeigt einen sicheren Herdbefund bei Paarling II von 65jährigen ♀♀. Dieser Zwilling hatte zwischen der ersten und zweiten Ableitung, etwa 5 Monate vor der Registrierung des hier gezeigten EEG, einen cerebralen Insult mit rechtsseitiger Hemiparese und motorischer Aphasie erlitten. Da der Focus links temporal auch in der ersten Ableitung, wenn auch weniger deutlich, hervortritt, äußerte Dr. KUBICKI den Verdacht auf das Vorhandensein einer Gefäßgeschwulst.

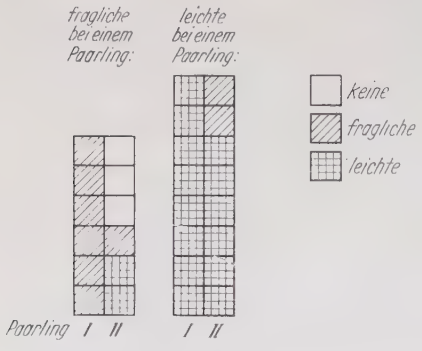

Abb. 4. Verteilung der Allgemeinveränderungen

Einen sicheren Focus zeigte auch das EEG von Paarling II bei einem anderen 65jährigen Paar. Der Herd tritt rechts temporal mit Neigung zu dysrhythmischer Gruppenbildung auf. I hat dagegen einen regelmäßigen Rhythmus. I erlitt 1958 beim Sturz von der Leiter eine Lendenwirbelfraktur, II 1951 beim Sturz vom Baum eine Commotio. Bei I wurde $^3/_4$ Jahre vor unserer Untersuchung in einer neurologischen Klinik auf Grund der psychischen Auffälligkeiten eine Encephalomalacia disseminata diagnostiziert. Dies ist der heute bei weitem rüstigere Paarling. II zeigt heute, über 1 Jahr nach der Untersuchung, schwere cerebralarteriosklerotische Abbauerscheinungen, die sicher auch zu einer Encephalomalacie geführt haben; sie ist zeitweise verwirrt. Die Schriftprobe illustriert gut den gegenüber der Schwester fortgeschrittenen körperlichen und geistigen Verfall (Abb. 8).

Diskordant verhalten sich auch aktive dysrhythmische Gruppen. Abb. 9 zeigt die Kurvenstücke von 50jährigen ♂♂, wo Paarling II eine paroxysmale Dysrhythmie zeigt.

In einer zusammenfassenden Gegenüberstellung (Abb. 10) sollen die erhobenen Befunde noch einmal die konkordant und diskordant auftretenden Merkmale herausstellen.

Das Ergebnis des Blindklassifikationsversuchs zeigt, wie sich trotz der festgestellten Unterschiede auch die EEG alter EZ im Gesamteindruck gleichen. Bei dem einfachen Versuch wurden nur zwei Paare verwechselt, bei dem Versuch unter erschwerten Bedingungen drei Paare. Alle anderen Paare wurden richtig klassifiziert. Daß überhaupt Ver-

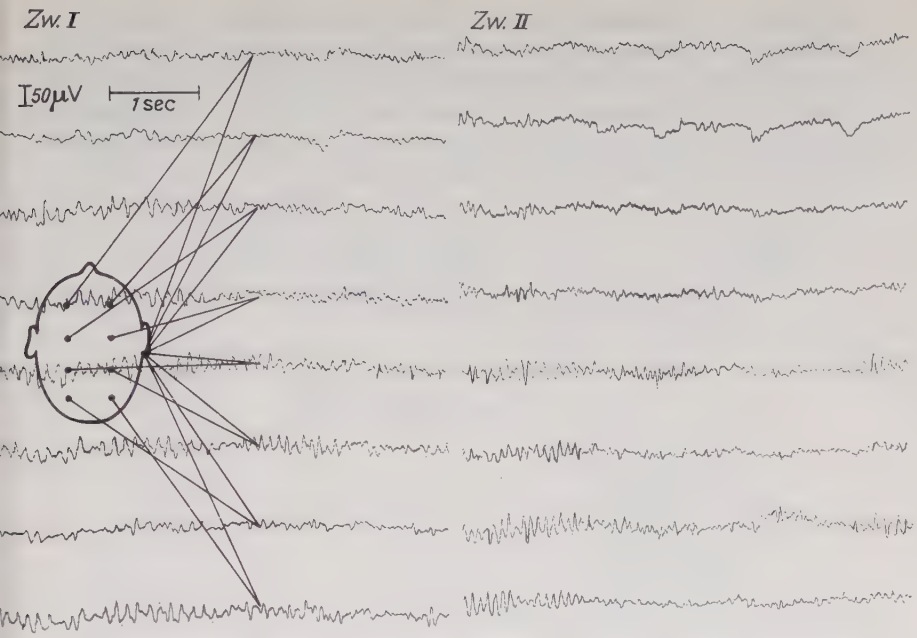

Abb. 5. Frequenzlabile EEG; I neigt mehr zu trägeren, II mehr zu schnelleren Frequenzen (♀♀, 58 Jahre)

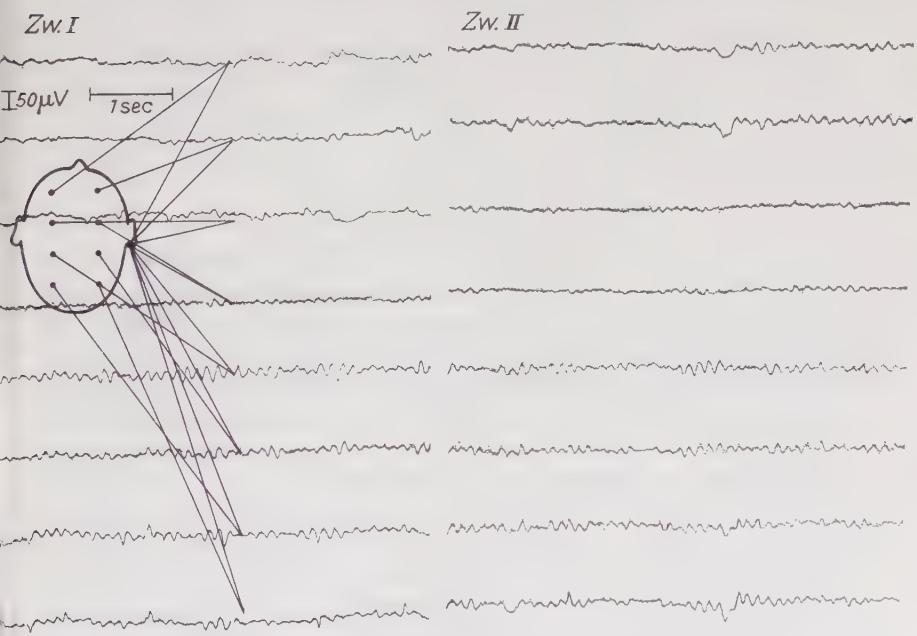

Abb. 6. Beispiel für konkordante allgemeine „α"-Verlangsamung (♂♂, 63 Jahre)

wechslungen vorkamen, lag daran, daß einige Paare sich in ihren EEG-Mustern sehr glichen.

Leicht waren aus den übrigen Kurven die Kurvenstücke eines 51jährigen ♂♂ Paares herauszufinden. Sie werden wegen ihrer konkordant auftretenden arkadenförmigen α-Wellen, die die Tendenz haben, sich in zwei Wellen aufzuspalten, abgebildet (Abb. 11).

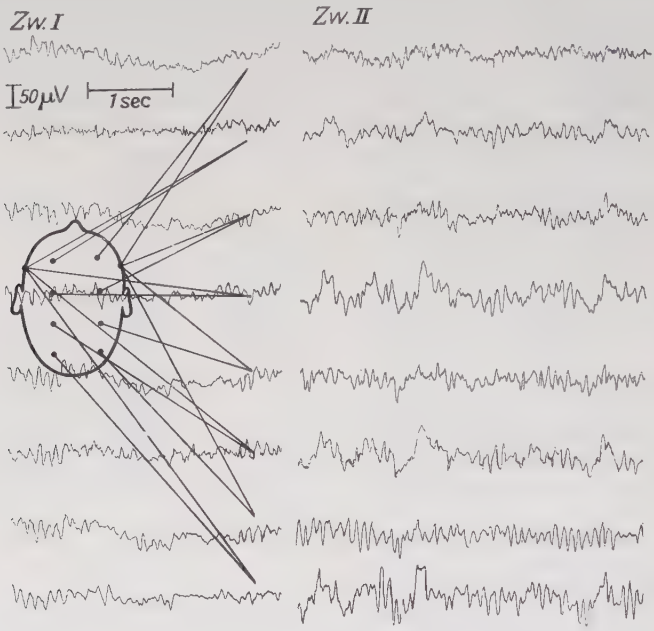

Abb. 7. Beispiel für diskordantes EEG. Zwilling II: linksseitiger temporaler δ-Focus (♀♀, 65 Jahre)

3. Gegenüberstellung weiterer EEG-Befunde mit der Krankheitsanamnese

Ein Beispiel, wie stabil das EEG-Muster im hohen Alter trotz schwerer zehrender Krankheit ist, zeigt die Abb. 12. Es sind die EEG des ältesten hier untersuchten Paares. Die EEG der Zwillingsschwestern wurden in ihrem 80. Lebensjahr abgeleitet. Auffällig ist das für das Alter sehr aktive EEG und die große Ähnlichkeit. Als einzige Abweichung vom Normalen zeigen beide eine in anderen Kurvenabschnitten deutlichere Neigung zur Bildung von Zwischenwellen. Bei II werden zum Zeitpunkt der Registrierung jedoch schon Stoffwechselveränderungen und sicher auch eine Anämie vorhanden gewesen sein, da sie 2 Monate nach diesem EEG an einem laparoskopisch gesicherten Gallenblasencarcinom starb. Die Leber war völlig von Metastasen durchsetzt, es bestand eine allgemeine Peritonealcarcinose.

In diesen Zusammenhang gehört auch ein bei der Untersuchung 58jähriges ♀♀ Paar, dessen Kurven eindruckmäßig eine große Ähnlichkeit zeigen, bei genauer Analyse aber Unterschiede ergeben: I neigt mehr zu trägeren, II mehr zu rascheren (β) Frequenzen. I zeigt außer-

Zw. I

Sehr geehrter Herr!
In Beantwortung Ihres werten Schreibens vom 27. 11. 1961
hat sich bei mir Wesentliches nicht geändert.

Hochachtungsvoll!

Zw. II

An der Handschrift werden Sie schon das
Befinden erkennen. Nach meinen Unfällen
bin ich so unsicher geworden. Ich traue mir
wenig zu. Es fehlt mir die innere Festigkeit.
Diese Zeit in der wir leben ist die schwerste
Wenn man sich den politischen Himmel an-
sieht und wir stehen vor dem Advent. Die
armen Menschen die nicht zu ihren lieben Ange-
hörigen ~~reist~~ kommen können. —

Abb. 8. Handschriften eines EZ-Paares (♀♀, 65 Jahre)

dem — allerdings nicht konstant — leicht aktivierte Gruppen von trägen α-Wellen. Die EEG beider Paarlinge wurden als frequenzlabil bewertet (Abb. 5). Aus der Anamnese und dem Befund des behandelnden Arztes geht hervor, daß I wegen einer seit 10 Jahren bestehenden hypochromen Anämie (Hb um 70 g-%) behandelt wird. Außerdem leidet I seit Jahren an einem Hypotonus mit entsprechenden Kreislaufstörungen. Dagegen traten bei II, im Gegensatz zur Schwester bis dahin immer rüstig und gesund, erst etwa 1 Jahr nach dieser Untersuchung hypotone Kreislaufstörungen und Ödeme auf, obwohl bei ihr nach einem Gelenkrheumatismus mit 4 Jahren schon ein Herzklappenfehler festgestellt sei. Bei diesem Paar findet man also bei dem Paarling mit der Anämie und einer schon lange bestehenden Herzinsuffizienz Äquivalente im EEG in Form von trägeren Wellen.

Ein anderes ♀♀ Paar, 63 Jahre, gab in der Anamnese an, wegen einer Anämie seit Jahren regelmäßig mit Vitamin B_{12} behandelt zu werden (II seit 5 Jahren mit Injektionen). Bei beiden soll mit 22 Jahren bzw. 24 Jahren ein Sanduhrmagen operiert worden sein. Außerdem zeigen beide psychische Auffälligkeiten, was bei der Untersuchung aber nur als allgemeine Unruhe in Erscheinung trat. I wurde 1 Jahr nach der Untersuchung in eine Nervenklinik (in Ostberlin) eingewiesen; vorher sei sie oft „abwesend" gewesen. Über II schreibt die behandelnde Ärztin,

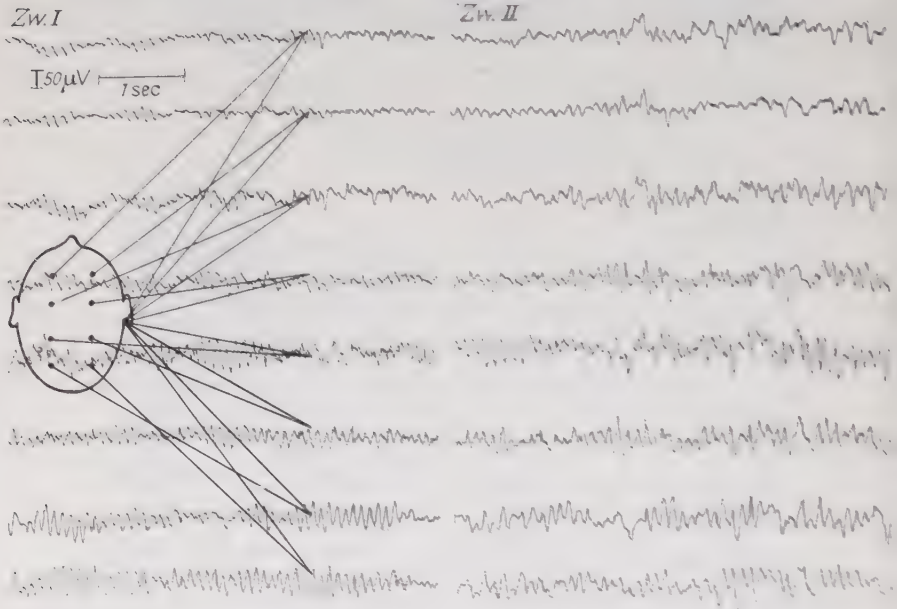

Abb. 9. Beispiel für leichte paroxysmale Dysrhythmie bei II (♂♂, 50 Jahre)

daß im Vordergrund des klinischen Bildes eine vegetative Dystonie stehe. Von einer Schwester sagten beide, sie sei nervenkrank, genaueres konnte über sie nicht ermittelt werden. Bei diesem Paar finden sich keine Differenzen in den normalen EEG.

Für eine Reihe weiterer Paare lassen sich ebenfalls für die gefundenen EEG-Veränderungen keine Erklärungen in der Krankheitsanamnese finden. Dies gilt für die ja in der Regel konkordant auftretende fragliche oder leichte Allgemeinveränderung so gut wie für Dysrhythmien und sogar Herdbefunde.

Lediglich bei einem Paar, 72jährigen ♀♀, findet die stärkere Ausprägung der Allgemeinveränderung bei I eine Entsprechung in der Anamnese: Sie leidet seit einigen Jahren an Schwindelanfällen und Augenflimmern mit Kopfschmerzen und sehr qualendem Ohrensausen

sowie zunehmender Schwerhörigkeit. Auffallender sind diskordant auftretende EEG-Befunde, für die sich keine Erklärung finden ließ. Folgende Paare stehen dafür:

♂♂, 50 Jahre. Paroxysmale ϑ-Wellen-Dysrhythmie bei II, unauffällige Anamnese bei I und II. Blutdruck von I: 190/120 mm Hg, von II: 155/95 mm Hg.

♀♀, 55 Jahre. Fraglicher Herdschaden links bei II (seitendifferente Ausprägung von ϑ-Wellen in den temporalen Ableitungen), unauffällige Anamnese bei I und II.

♀♀, 65 Jahre. Leichte Herdbetonung in den temporalen Ableitungen bei II. Zur Anamnese: I leidet seit dem 31. Lebensjahr unter Schwindel- und Ohnmachtsanfällen, seit 3 Jahren unter Kopfschmerzen und Ohrensausen. II unauffällig.

♀♀, 67 Jahre. Bei II in den temporalen Ableitungen fragliche Seitendifferenz durch links aktivere ϑ-Wellen. Zur Anamnese: I erlitt mit 61 Jahren eine Commotio cerebri; II unauffällig.

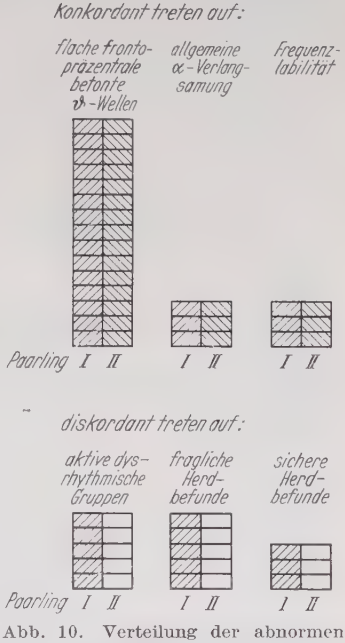

Abb. 10. Verteilung der abnormen bzw. pathologischen EEG-Befunde

Daß nach einer Commotio vor 4 Jahren bei einem Paarling keine EEG-Differenzen zum Zwillingspartner mehr festzustellen sind, wie bei 65jährigen ♀♀, überraschte nicht. Daß sich aber nach zwei Schlaganfällen, einem vor der ersten Ableitung, dem zweiten zwischen der ersten und zweiten Ableitung, mit linksseitiger Hemiparese und anfangs bestehender motorischer Aphasie nur eine leichte Allgemeinschädigung im Sinne von dem Grundrhythmus unterlagerten Zwischenwellen und von einem labilen α-Rhythmus feststellen ließ (Paarling I), wogegen die Schwester einen fraglichen ϑ-Wellenfocus (unter Hyperventilation links trägere Wellen) zeigte, diese Differenz zwischen EEG-Befund und Anamnese überraschte. Es handelt sich hier um ein 77jähriges ♀♀ Paar. Beide wiesen so starke cerebralarteriosklerotische Abbauerscheinungen auf, daß die Intelligenzteste nicht mit verwertbaren Ergebnissen durchzuführen waren. II leidet viel unter Kopfschmerzen und steht wegen eines Hypertonus (190/105 mm Hg) in ärztlicher Behandlung. Ein cerebraler Insult ließ sich bei ihr nicht eruieren.

4. Die Intelligenztestergebnisse und ihre Beziehung zum EEG

Ausgewertet wurden die Testergebnisse von nur 24 Paaren. Bei einem Paar, 77jährigen ♀♂, lagen die Ergebnisse so niedrig, daß sie nicht zu verwerten waren, bei dem anderen Paar verübte ein Paarling Suicid, bevor ihm die Teste vorgelegt worden waren.

Tabelle 4. *Intertestkorrelationen*

	AW	AV	ZN	RD	GF	WT	BO	BE	MT	FL	ZST
AV	0,534 (0,699)										
ZN	0,385 (0,465)	0,008 (0,445)									
RD	0,519 (0,732)	0,307 (0,596)	0,408 (0,474)								
GF	0,667 (0,780)	0,372 (0,713)	0,394 (0,519)	0,464 (0,684)							
WT	0,815	0,491	0,330	0,346	0,673						
BO	0,325 (0,490)	0,231 (0,454)	0,111 (0,351)	0,405 (0,494)	0,313 (0,497)	0,249					
BE	0,226 (0,612)	0,315 (0,520)	0,242 (0,355)	0,455 (0,595)	0,113 (0,591)	0,202	0,480 (0,558)				
MT	0,375 (0,571)	0,398 (0,541)	0,182 (0,447)	0,579 (0,594)	0,430 (0,707)	0,467	0,365 (0,558)	0,621 (0,641)			
FL	0,298 (0,396)	0,300 (0,388)	0,169 (0,317)	0,533 (0,395)	0,208 (0,441)	0,211	0,364 (0,390)	0,541 (0,521)	0,515 (0,573)		
ZST	0,564 (0,558)	0,518 (0,466)	0,337 (0,468)	0,436 (0,519)	0,458 (0,573)	0,434	0,370 (0,420)	0,560 (0,454)	0,666 (0,572)	0,501 (0,376)	
Raven	0,468	0,582	0,101	0,622	0,373	0,440	0,474	0,504	0,683	0,301	0,626

AW = Allgemeines Wissen; AV = Allgemeines Verständnis; ZN = Zahlennachsprechen; RD = Rechnerisches Denken; GF = Gemeinsamkeitenfinden; WT = Wortschatztest; BO = Bilderordnen; BE = Bilderergänzen; MT = Mosaiktest; FL = Figurenlegen; ZST = Zahlensymboltest.

In dieser Untersuchung an 48 Personen erreichten die Probanden im Durchschnitt fast 85 Wertpunkte, was einem IQ von 102,33 entspricht (nach der Standardisierung von Riegel 1959).

Die Tabelle 4 enthält die in der Untersuchung gewonnenen Intertestkorrelationen — jeder Untertest des HAWIE und Raven mit jedem anderen. In Klammern stehen die entsprechenden Ergebnisse, die bei der Standardisierung der deutschen Ausgabe des Tests an 35—49jährigen gefunden wurden (Wechsler 1956).

Die Ergebnisse dieser Untersuchung liegen meist unter den in Klammern angegebenen. Immerhin gehören die fünf höchsten Intertestkorrelationen dieser

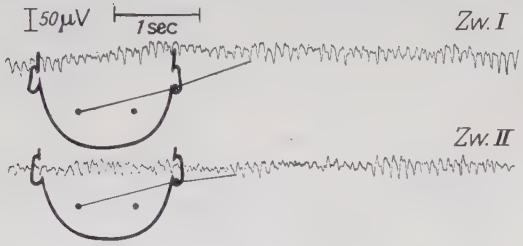

Abb. 11. Beispiel für konkordante arkadenförmige α-Wellen (♂♂), 51 Jahre

Untersuchung — AV:AW, GF:AW, BE:AW, RD:MT, ZST:MT — mit Ausnahme der Kombination RD:MT — auch in der deutschen Standardisierung des HAWIE zu den fünf höchsten Korrelationen. Für die fünf niedrigsten Ergebnisse findet sich keine Übereinstimmung.

Es folgt eine Gegenüberstellung der Korrelationen — jeder Untertest mit Gesamtskala minus Wertpunktzahl des betreffenden Untertests —, die in dieser Untersuchung, der deutschen Standardisierung an 35- bis 49jährigen und von Riegel (1959) an 75 über 65jährigen, gefunden wurden.

	Hier:	Wechsler	Riegel
Allgemeines Wissen	0,644	0,791	0,841
Allgemeines Verständnis	0,465	0,700	0,632
Zahlennachsprechen	0,339	0,626	0,296
Rechnerisches Denken	0,642	0,697	0,785
Gemeinsamkeitenfinden	0,591	0,765	0,868
Wortschatztest	0,606		
Bilderordnen	0,479	0,569	0,631
Bilderergänzen	0,593	0,732	0,793
Mosaiktest	0,680	0,758	0,780
Figurenlegen	0,550	0,580	0,658
Zahlen-Symboltest	0,745	0,764	0,675

Übereinstimmend gehören hiernach AW, MT zu den gut und ZN, BO zu den schlecht korrellierenden Testen. Korrelation des Ravenschen

Matrizentestes mit dem HAWIE-Gesamttest $r = 0{,}689$. Er korrelierte besser mit dem HT ($r = 0{,}637$) als mit dem VT ($r = 0{,}490$).

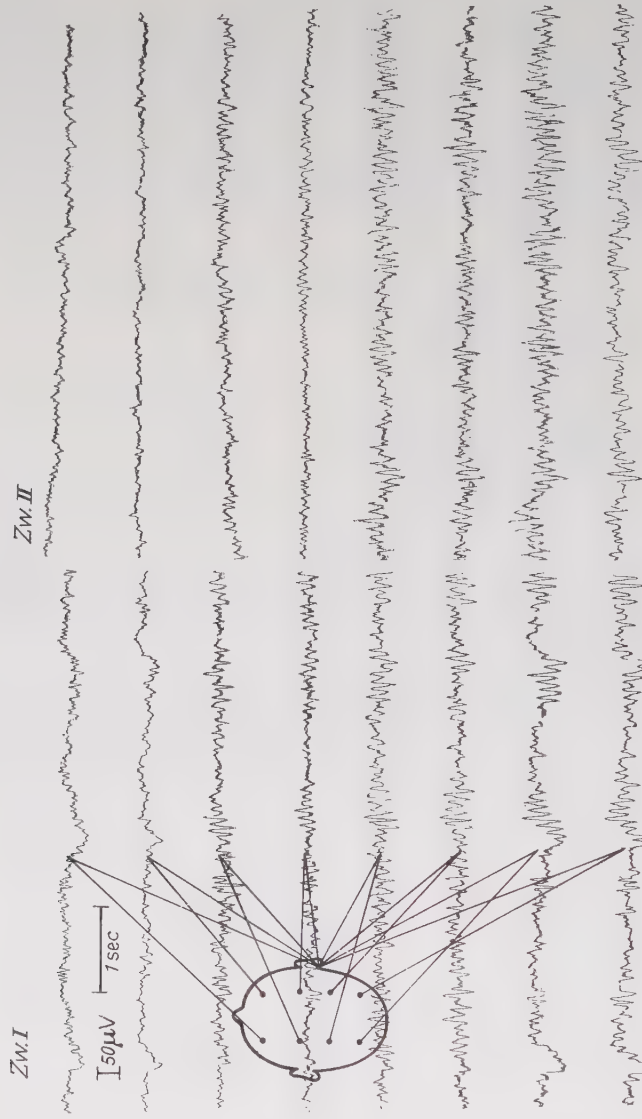

Abb. 12. Beispiel für ein sehr aktives konkordantes normales α-Wellen-EEG bei alten EZ (♀♀, 79 Jahre)

Zwischen den Paarlingen wurden folgende Korrelationen gefunden: HAWIE-Gesamttest: 0,806, Verbalteil: 0,674, Handlungsteil: 0,873.

AW	0,654	GF	0,382	MT	0,806
AV	0,533	WT	0,889	FL	0,320

ZN 0,560 BO 0,450 ZST 0,841
RD 0,338 BE 0,751
Ravenscher Matrizentest: 0,529

Auffallend war das relativ schlechte Abschneiden der Probanden im Handlungsteil im Vergleich zum Verbalteil. Während im Durchschnitt 48 Wertungspunkte im Verbalteil erreicht wurden (was einem IQ von 104 entspräche), waren es im Handlungsteil nur 39 Wertpunkte (IQ = 100 — aus dem nach der Standardisierung von Riegel errechneten IQ für den VT und für den HT wurde das arithmetische Mittel gebildet).

Diese Tendenz wird erst im höheren Alter deutlich: Bei den zwölf jüngeren Paaren im Alter von 50—64 Jahren findet sich noch kein Unterschied im IQ von HT (= 102,5) und VT (= 102,6), wohl aber bei den zwölf Paaren im Alter von 65—79 Jahren: VT IQ = 105,9; HT IQ = 98,0.

Ausgehend von der Beobachtung, daß einzelne Unterteste des HAWIE mit steigendem Alter gegenüber anderen Untertesten ein schlechteres Ergebnis zeigten, gab Wechsler (1956) als Maß für einen Intelligenzabbau im Alter den Quotienten aus der Summe der für unbeständig gehaltenen mit der Summe der für beständig gehaltenen Teste an. Als beständige Teste wurden WT, AV, FL und BE, als unbeständige ZN, RD, MT und ZST angegeben. Dieser „Abbauquotient" wäre für die hier interessierende Fragestellung, ob sich zur EEG-Veränderung analoge Veränderungen im Intelligenzabbau der Zwillinge ergeben, das ideale Maß. Es ließ sich aber unter den 48 Versuchspersonen bei nur 19 überhaupt dieser Quotient errechnen, d.h. bei der Mehrzahl der Zwillinge lag das Ergebnis der für unbeständig gehaltenen Teste über dem Ergebnis der für beständig gehaltenen oder war doch zumindest gleich. Probanden, bei denen sich ein Abbauquotient errechnen ließ, hatten dabei einen durchschnittlich höheren IQ (= 106) als Probanden, bei denen die aus den unbeständigen Testen gebildete Wertpunktsumme über der Summe aus dem Ergebnis der beständigen Teste lag (IQ = 99). Eine Häufung des Abbauquotienten im steigenden Alter bestand nicht. Irgendeine Häufung von pathologischen EEG-Veränderungen bei Personen, bei denen sich ein Abbauquotient errechnen ließ, fand sich ebenfalls nicht. Allgemeinveränderungen und aktive dysrhythmische Gruppen waren bei ihnen so häufig wie bei den übrigen Personen, fragliche oder sichere Foci sogar seltener (zweimal gegenüber sechsmal bei Zwillingen ohne „Abbauquotienten").

Die Testergebnisse verschlechtern sich mit steigendem Alter: Der Regressionskoeffizient für den HAWIE beträgt $R = -0{,}834$. Für den Ravenschen Matrizentest liegt der Wert niedriger ($R = -0{,}373$) und ist statistisch nicht sicherbar.

Vergleicht man nun ganz allgemein Zwillingspaare mit diskordanten Veränderungen im EEG, also mit Herdschäden und dysrhythmischen Gruppen, mit Paaren, die konkordante Veränderungen aufweisen, so ist die durchschnittliche Gesamttestdifferenz zwischen Paarling I und II ungefähr gleich hoch: Bei den Paaren mit diskordanten EEG-Veränderungen fand sich eine durchschnittliche IQ-Differenz von 8 (Raven 8 Punkte), bei den Paaren mit konkordanten Veränderungen (frontopräzentrale ϑ-Wellen) eine von 7 (Raven 6 Punkte).

Die Paarlinge mit den hier beobachteten, z.T. deutlichen EEG-Veränderungen hatten dabei keinesfalls immer die niedrigere Punktzahl. Sechs von 10 Paarlingen, die einen Focus oder dysrhythmische Gruppen im EEG aufwiesen, erreichten das gegenüber dem Zwillingspartner bessere Testergebnis.

Es wurde nun geprüft, ob Personen mit einer fraglichen oder leichten Allgemeinveränderung im EEG einen im Durchschnitt niedrigeren IQ als Personen ohne Allgemeinveränderung aufwiesen. Zwischen beiden Gruppen wurde nur ein ganz geringer Unterschied in der Intelligenzhöhe gefunden (HAWIE IQ 100,6:103,5; Raven 28:28). Bei einer Aufteilung in Personen mit präzentral betonten ϑ-Wellen und Personen, die dieses Merkmal nicht aufwiesen, ergaben sich ebenfalls nur ganz geringe Differenzen (HAWIE 101,4:103,0; Raven 29:27). Daraus geht hervor, daß die Intelligenzhöhe offenbar unabhängig von den hier beobachteten EEG-Veränderungen ist. Wenn ein Paarling von Jugend auf der Intelligentere war und im Training blieb, dann haben selbst pathologische EEG-Veränderungen keinen solchen Einfluß auf das Testergebnis, daß er jetzt dem Zwillingspartner unterläge.

Bei einem 70jährigen Paar, ♀♀, war das besonders deutlich. II zeigte im EEG außer einem Herd wechselnder Seitenbetonung in der temporalen Ableitung unter Hyperventilation eine deutliche paroxysmale Dysrhythmie. Sie galt von Jugend auf als die Klügere, wie beide Zwillinge freiweg zugaben. Sie ging bei einer Abschlußprüfung auf dem Lyzeum zweimal ins mündliche Examen, einmal für sich und einmal für die Schwester. Später blieb sie unverheiratet und wurde Chefsekretärin eines großen Verbandes. Ihre Schwester wurde Hausfrau und blieb kinderlos. Der Zwilling mit den deutlichen pathologischen EEG-Veränderungen, für die sich in der Anamnese übrigens keine Erklärung fand — beide erlitten allerdings 9 bzw. 7 Jahre vor der EEG-Ableitung eine Commotio mit längerem Krankenhausaufenthalt —, erreichte einen IQ von 97, die Schwester einen von 76. Es ist dies die größte Testdifferenz, die in dieser Untersuchung registriert wurde.

Jenes Paar, dessen Kurven als ein Beispiel für einen schweren Herdschaden bei II abgebildet wurden (Abb. 7), hat eine IQ-Differenz von sieben. Das bessere Ergebnis hatte die Schwester mit dem Herdschaden, allerdings vor dem Insult, aber zu der Zeit, da der Herd schon deutlich nachzuweisen war.

Ein weiteres Beispiel dafür, daß die Intelligenzhöhe von EEG-Veränderungen unabhängig ist, sind 67jährige ♀♀, von denen II eine fragliche Seitendifferenz durch links aktivere ϑ-Wellen aufwies. Sie erreichte einen IQ von 122, ihre Schwester einen von 111. II war schon in der Schule die Bessere und wurde Lehrerin; I wurde Geschäftsführerin.

V. Diskussion

Ob bestimmte, im Alter häufiger auftretende EEG-Veränderungen einem genuinen Abbauprozeß oder erst in späteren Lebensjahren auftretenden exogenen Schäden zuzuschreiben sind, dieses Problem kann durch den Vergleich der EEG von EZ-Partnern in gewissen Grenzen entschieden werden. Grenzen werden einer solchen Untersuchung vor allem durch die Schwierigkeit gesetzt, eine für statistische Sicherungen ausreichende Zahl von Paaren zu bekommen.

Die 26 Paare dieser Untersuchung waren ausreichend, die hohe genetische Determination des EEG-Grundmusters auch im Alter, gemessen mit den quantitativen Kriterien, festzustellen. Da es sich aber mit wenigen Ausnahmen um gesunde, ja vielfach ausgesprochen rüstige Paare handelte, waren gravierende pathologische EEG-Veränderungen nur selten zu erwarten. Trotz der kleinen Zahl konnten aber auch zumindest für einige abnorme EEG-Merkmale, insbesondere für solche, die bei den EZ diskordant auftraten, Parallelen zum Intelligenztestergebnis gezogen werden.

Die Besprechung der Ergebnisse im einzelnen:

1. Die quantitativen Kriterien

Alle Zwillingspaare verhielten sich im Grundrhythmus konkordant. Die Variation zwischen den Paarlingen bei einer Abrundung der gemessenen Werte auf $^1/_2$ c/sec beträgt auch nur $^1/_2$ c/sec, die gleiche Variation, die auch an verschiedenen Tagen an einer Person gemessen wurde.

Deutlich, wenn auch bei der Kleinheit der Zahl statistisch nicht sicherbar, ist die Verlangsamung des dominanten α-Grundrhythmus mit steigendem Alter. Dieser in der gesamten Literatur mit einer Ausnahme[1] als ein Hauptcharakteristikum des normalen Alters-EEG erhobene Befund ist zu unterscheiden von einer Häufung der ϑ-Wellen im EEG, was aus vielen Untersuchungen nicht klar hervorgeht*. Der vielgebrauchte Terminus „allgemeine Verlangsamung" ist hierfür typisch.

Die beiden Merkmale — Verlangsamung des α-Wellen-Grundrhythmus und ϑ-Wellen im EEG — werden von Silverman u. Mitarb. (1955) getrennt. Sie betonen, daß einzelne ϑ-Wellen noch zum normalen Alters-EEG gehören, sofern der α-Wellen-Grundryhthmus 8–12 c/sec beträgt. Der hier an zwölf Paaren gefundene α-Grundrhythmus von durchschnittlich 9,5 c/sec entspricht etwa dem von Obrist (1954) an 75 Gleichaltrigen erhobenen Wert von 9,1 c/sec.

Beim Vergleich der Mittelwerte der Differenzen zwischen den beiden Seiten einer Person mit den Differenzen zwischen gleichen bzw. verschiedenen Seiten bei EZ von Amplitude und Sub-α-% fällt auf, daß die

* 3, 56, 60, 62, 65, 88, 114.

Differenzen bei einer Person um etwa 40% niedriger sind als die Differenzen zwischen den Zwillingen. Eine Gegenüberstellung der von VOGEL (1958)an jugendlichen Paaren ermittelten Werte mit diesen Ergebnissen zeigt, daß die Differenzen bei einer Person in dieser Untersuchung kleiner sind, die Differenzen gleicher oder verschiedener Seiten bei EZ aber in der gleichen Größenordnung liegen. Es scheint hier eine bei alten Menschen bessere individuelle Koordination für Amplitude und Frquenz zwischen der rechten und linken Seite der Hemisphären vorzuliegen, deren Richtung aber mit der Zeit nicht konstant ist, denn beim Vergleich der absoluten Werte zwischen der ersten und zweiten Ableitung sind deren Differenzen bei einer Person genau so groß wie die Differenzen zwischen gleichen oder verschiedenen Seiten bei EZ.

Die Varianzanalyse und der χ^2-Vergleich der Differenzen zwischen erster und zweiter Ableitung bei einer Person unterstreicht das Ergebnis, daß sich für die durchschnittliche Amplitude und den Sub-α-Prozentsatz auch bei alten EZ keine echten konstanten Unterschiede zwischen den Hemisphären einer Person und gleichen oder verschiedenen Seiten bei den Paarlingen finden lassen.

Keine sicherbaren Differenzen zwischen den Paarlingen und zwischen den beiden Ableitungen bei einer Person wurden desgleichen für den α-Index und für die Phasenkoordination gefunden. Die Phasenkoordination war mit 82% hoch [VOGEL (1958) an überwiegend jugendlichen Paaren: 60—70%]. Auch in diesem Ergebnis kommt die höhere Koordinierung des ausgereiften Erwachsenen-EEG gegenüber dem labilen jugendlichen EEG zum Ausdruck.

2. Zu den qualitativen Kriterien

Für die vergleichende Beurteilung der Hyperventilationseffekte wäre eine Messung der Hyperventilationshöhe Voraussetzung, die hier leider nicht gegeben war.

Daß in dieser Untersuchung keine starke Aktivierung oder Frequenzverlangsamung gefunden wurden, entspricht anderen Untersuchungen an alten Menschen [GIBBS, GIBBS u. LENNOX (1943)]. Die einzige, bei sieben Paaren beobachtete Reaktion war eine leichte Aktivierung der α-Wellen: sie nahmen an Häufigkeit und in der Amplitude zu. Diese Beobachtung steht im Widerspruch zu den Befunden OBRISTS (1954), der bei über 60jährigen eine Verminderung der Amplitude fand.

Kleinere vorkommende Unterschiede in der Ausprägung dieser Reaktion bei den Zwillingspartnern werden durch eine verschieden starke Hyperventilation erklärt, da sie — in der Wiederholungsableitung — nicht konstant waren.

Ebenso ist auch der Off-Effekt bei den EZ in der Regel identisch. Kleinere Unterschiede im Verhalten des Grundrhythmus waren nicht einmal in einer Ableitung konstant.

β-Wellen traten bei allen Paaren, die sie zeigten, konkordant in der Ausprägung und in der Verteilung über die Konvexität auf. Ein Paar hatte ein reines β-Wellen-EEG, zwei weitere stark von β-Wellen gemischte EEG. Werden noch die vier Paare, die im EEG einzelne Gruppen von 6—10 β-Wellen hatten, hinzugezählt, dann war ihr Vorkommen mit 27% recht häufig. Ein Vergleich mit anderen Untersuchungsergebnissen läßt sich nicht ziehen, da exakte Zahlenangaben für gesunde alte Menschen (Untersuchungen an Geisteskranken wären gerade für die β-Wellenhäufigkeit irreführend) fehlen und weil, abgesehen von den reinen β-Wellen-EEG keine Übereinstimmung besteht, von welcher Ausprägung an man β-Wellen bewerten soll. Nach dieser Untersuchung und den Ergebnissen von Vogel u. Götze (1962) scheint die Betonung bestimmter Gehirnareale außer der Häufigkeit, die hier mit 6—10 fortlaufenden Wellen willkürlich festgesetzt wurde, ein wesentliches Kriterium zu sein. Die deutlichste Ausprägung zeigten die meisten β-Wellengruppen in diesem Material frontopräzentral.

Es soll betont werden, daß die Häufigkeit der β-Wellen in dem insgesamt ja kleinen Probandenkreis über alle Altersklassen gleich verteilt war, im Gegensatz zu den nicht herdförmigen ϑ-Wellen, die unter den 65—79jährigen doppelt so häufig auftraten wie unter den 50—64jährigen. Auch diese Wellen traten immer konkordant auf und sind damit ein erblich bedingtes Merkmal des Alters-EEG.

Diese ϑ-Wellen sind in der Regel flach und meist frontopräzentral betont. Sie sind deshalb auch nicht den gemessenen „Sub-α-Wellen" gleichzusetzen, da diese occipital ausgezählt wurden. Im allgemeinen zeigen aber EEG mit präzentral betonten ϑ-Wellen auch einen durchschnittlich höheren Prozentsatz an „Sub-α-Wellen" als EEG, bei denen keine nennenswerten ϑ-Wellen qualitativ registriert wurden: Probanden mit frontopräzentralen ϑ-Wellen haben durchschnittlich 23% „Sub-α-Wellen", Probanden ohne diese ϑ-Wellen 15%. — Eine Beziehung besteht auch zu der Verlangsamung des Grundrhythmus: von sechs Paaren mit einem Grundrhythmus von 9 c/sec und weniger hatte nur ein Paar keine frontopräzentral betonten ϑ-Wellen, während von vier Paaren mit einem Grundrhythmus von 11 c/sec und mehr keines ϑ-Wellen zeigte. Es sind zu wenig Fälle, diese Tendenz auch statistisch sichern zu können ($\chi^2 = 3{,}403$; $P_{(m-1)} = 0{,}06$), sie entspricht aber der Beobachtung von Verdeaux u. Mitarb. (1961), daß bei EEG, die auch ϑ-Rhythmen zeigen, die α-Wellenverlangsamung ausgesprochener ist.

Die ϑ-Wellen im Alters-EEG werden auf eine verminderte Blutzirkulation zurückgeführt. Dafür sprechen Untersuchungen von Krump

(1958), der abnorm langsame, allerdings auch schnelle Frequenzen bei Herz- und Kreislaufkranken doppelt so häufig fand wie bei der Normalbevölkerung. Dafür spricht auch, wenn diese langsamen Frequenzen bei cerebralarteriosklerotisch Dementen häufiger und stark ausgeprägt gefunden werden[114].

Denkbar wäre aber auch, daß die ϑ-Wellen Relikte kleinerer Malacien sind. Ein Paar dieser Serie, 65jährige ♀♀, mit besonders stark ausgeprägten ϑ-Wellen und einer auf Grund des klinischen Bildes sicheren Encephalomalacia disseminata könnte dafür als Beispiel dienen. Dagegen ist das beobachtete mehrfache Auftreten der ϑ-Wellen in diesem sonst klinisch gesunden Material einzuwenden. Auch eine Herdbetonung müßte bei den schwereren Fällen mehr die Regel sein.

Die in dieser Untersuchung immer beobachtete Konkordanz der ϑ-Wellen bei alten EZ legt es nahe, diese Wellen als Ausdruck eines genuinen Alternsprozesses zu deuten. Neben der ja sicher bestehenden verminderten cerebralen Blutzirkulation soll hervorgehogen werden, daß das Auftreten langsamer Wellen im Alters-EEG letztlich auch „depends on *active involvment* of nerve cells" (Hill bei Walter u. Mitarb. 1948), *wobei diese Nervenzellinvolution von endogenen Faktoren gesteuert wird.*

Unter die Allgemeinveränderungen wurden verschiedene Befunde eingeordnet, so daß sie kein einheitliches Merkmal bezeichnen. Es wurden darunter Kurven mit besonders häufig und auch diffus auftretenden Zwischenwellen, ϑ-Wellen, die einen irregulären Grundrhythmus überlagern, dysrhythmische Gruppen sowie auch eine Verlangsamung des Grundrhythmus unter 8 c/sec einbezogen. Bei einer so nur annäherungsweise abzugrenzenden Beurteilung ist der Ermessensspielraum groß.

Das Ergebnis zeigt eine nicht vollständige Konkordanz bei EZ und eine deutliche Altersabhängigkeit.

Die EEG von drei Paaren waren frequenzlabil, und zwar konkordant, wenn auch mit einem leichten Unterschied bei einem Paar, indem bei I trägere, bei II schnellere Frequenzen vorherrschten.

Jung (1953) hob das häufige Vorkommen frequenzlabiler EEG bei psychisch labilen Personen hervor. Zwei der drei im EEG frequenzlabilen Paare machten den deutlichen Eindruck einer leichten Erregbarkeit; sie betonten ihre „Nervosität" und Sensibilität. Daß eine psychische Labilität nicht unbedingt ihren Niederschlag in frequenzlabilen EEG findet, beweisen zwei ebenfalls sehr unruhige und im Verhalten unausgeglichene Paare mit einem α-Wellen- bzw. Niederspannungs-EEG.

Als Beispiele für eine ausgesprochene Grundrhythmusverlangsamung wurden drei Paare besonders herausgestellt, bei denen die „α"-Wellenfrequenz 8,5 c/sec oder weniger betrug. Es ergab sich, daß alle Paare für dieses Merkmal konkordant waren.

Diskordant traten dagegen immer *Herdbefunde* und *aktive dysrhythmische Gruppen* von ϑ- oder auch α-Wellen auf. Alle acht beobachteten fraglichen oder sicheren Foci kamen temporal vor bzw. fanden dort ihre

deutlichste Ausprägung. Sie erschienen fünfmal links temporal, zweimal rechts temporal und einmal mit wechselnder Seitenbetonung. Unter 52 Personen wurden so in über 15% Foci beobachtet, allerdings in fünf Fällen als so leichte Seitenbetonung, daß sie nur als fraglich beurteilt werden konnten.

Mit Ausnahme eines Falles, bei dem der Paarling einen Schlaganfall erlitt, war die Anamnese für eine Ätiologie dieser Foci leer.

Das häufige Auftreten von Herdschäden unter alten gesunden Menschen ist bekannt. [Silverman u. Mitarb. (1955) in 25%, Busse u. Mitarb. (1956) in 25%, Harvald (1958) bei Hypertonikern in 23%]. Sie sind wohl erstes stilles Zeichen für Gefäßschäden.

Die Diskordanz im Auftreten der Herdbefunde bei EZ *setzt ein bestimmtes Ereignis voraus.* Bis zu solch einem „accident" verlaufen auch als abnorm gewertete EEG-Veränderungen wie ausgeprägte ϑ-Wellen und eine starke Grundrhythmusverlangsamung konkordant. Sie werden als ein direkter oder indirekter Ausdruck eines genetisch gesteuerten Alternsprozesses angesehen. Die Herdbefunde sind dann — sofern kein exogenes Trauma die Ursache war — Ausdruck eines wohl auf dem Boden dieses Abbauvorganges entstandenen Geschehens, das zu diesem diskordanten Verhalten der EZ führte. Es wäre denkbar, daß die Grundlage dieser Diskordanz nur ein zeitlich früheres Auftreten dieses Ereignisses bei einem Paarling ist. Es werden ebenfalls die diskordant auftretenden dysrhythmischen Gruppen von ϑ-Wellen oder auch von aktiven α-Wellen als das durch ein Ereignis markierte Ende eines längeren Prozesses angesehen, obwohl das immer beidseitige Auftreten dagegen eingewendet werden kann.

Das immer konkordante Auftreten der frontopräzentral betonten ϑ-Wellen und das diskordante Auftreten der Herdbefunde und dysrhythmischen Gruppen legen *eine Präzisierung in der Verwendung der in der Literatur oft synonym gebrauchten Termini abnorm und pathologisch nahe.* Danach wären das Auftreten einzelner ϑ-Wellen und auch die Grundrhythmusverlangsamung als Ausdruck eines zwar individuell verschieden ausgeprägten, aber genuinen Alternsprozesses als abnorm zu werten, wogegen Foci, auch wenn sie nicht mit klinischen Erscheinungen einhergehen, und dysrhythmische Gruppen als Ausdruck eines organischen Ereignisses als pathologisch zu beurteilen, — sofern man die ϑ-Wellen ihrer Häufigkeit im Alters-EEG wegen nicht als noch normal ansieht und erst die im EEG gerade erkennbaren Seitendifferenzen als abnorm bezeichnet. Der Begriff „pathologisch" bleibt dann allen gravierenden Befunden vorbehalten.

Das Ergebnis des *Blindklassifikationsversuches,* bei dem aus herausgeschnittenen Kurvenabschnitten die richtigen Paare zu bilden waren, interpretiert sich von allein: Mit Ausnahme von nur zwei bzw. drei

auf Grund der Ähnlichkeit zwischen verschiedenen Zwillingen vertauschten Paaren wurden alle richtig zusammengestellt. Das Ergebnis demonstriert anschaulich die Gleichheit der EEG auch alter EZ, bei denen trotz aller erwähnten Differenzen das EEG des einen Paarlings die Fortsetzung von dem des anderen sein könnte. Trotz der Betonung der Dynamik des EEG, der gegenüber unserer Charakterisierung statisch ist[16], hat man intuitiv den Eindruck einer Identität der Kurven, wobei die Modulationen, die Individualität, erst bei genauer Analyse zutage treten.

3. Gegenüberstellung der EEG-Befunde zur Krankheitsanamnese

Bei der Gegenüberstellung der EEG-Befunde mit der Krankheitsanamnese handelt es sich um Einzelbeobachtungen, die daher schwer auf einen Nenner zu bringen sind. Es soll nochmals betont werden, daß es sich bei den untersuchten Zwillingen um altersentsprechend gesunde Paare handelte, so daß auch keine schweren, im EEG einen Niederschlag findenden Krankheiten zu erwarten waren.

Sichere Erklärungen finden der Focus bei einem Paarling des mit dem EEG abgebildeten (Abb. 7) 65jährigen ♀♀ Paares, von denen II einen schweren cerebralen Insult erlitt, und auch die fragliche bzw. leichte Allgemeinschädigung bei weiteren 65jährigen ♀♀, wo bei beiden der Verdacht auf eine Encephalomalacia disseminata besteht. Der bei II beobachtete rechtstemporale Herd fand allerdings erst 1 Jahr nach der Untersuchung seine „Erklärung" in dem dann manifesten, gegenüber der Schwester weiter fortgeschrittenen körperlichen und geistigen Verfall.

Eine echte Beziehung mag auch zwischen einer Anämie und einer Frequenzverlangsamung im EEG bestehen. Hierfür ist das 58jährige ♀♀ Paar ein Beispiel, bei dem I nach ärztlicher Auskunft an einer therapieresistenten Anämie und an hypotonen Kreislaufstörungen leidet und bei dem sich im EEG eine erst im Vergleich zur gesunden Schwester deutliche Neigung zu trägeren Wellen zeigt. Beider EEG waren durch die Labilität des α-Rhythmus und durch eingestreute β- und ϑ-Wellen frequenzlabil, I zeigte aber einen um $^1/_2$ c/sec niedrigeren α-Rhythmus und etwas häufiger diffuse Zwischenwellen. Ein anderes 63jähriges ♀♀ an einer - vermutlich perniziösen — Anämie leidendes Paar hatte zwar normale EEG, die Anämie war aber auch kompensiert. Dies würde der Beobachtung von WALTON u. Mitarb. (1954) entsprechen, wonach unbehandelte Perniciosakranke zu 60% abnorme EEG hatten, behandelte dagegen nach einer Latenz von 7—10 Tagen nur zu 21%. Die Besserung erfolgte in den meisten Fällen in einer Frequenzzunahme. Bei allen übrigen Paaren ließen sich keine sicheren Beziehungen zwischen EEG-Befund und Krankheitsanamnese auffinden. Der Grund wird darin gesehen, daß abnorme EEG-Befunde direkter oder indirekter Ausdruck des physiologischen Alternsprozesses sind und daß umgekehrt Krankheiten, Beschwerden und Ereignisse, wie z. B. ein Carcinom, Kopf-

schmerzen, Ohrensausen und eine Commotio unter einem für die Widerspiegelung im EEG notwendigen Schwellenwert liegen. *Die hier angewandte in der Humangenetik als „co-twin-control" bekannte Methode ist als empfindlichste Verfahren, um zu prüfen, inwieweit Umwelteinflüsse ein bestimmtes erbliches Merkmal beeinflussen können* (vgl. Vogel 1961). Den Ergebnissen kommt damit ein besonderes Gewicht zu, und es wäre wünschenswert, diese Methode im breitesten Maße zur Erforschung des Einflusses anderer Faktoren auf das menschliche EEG anzuwenden.

Die beobachtete Diskrepanz zwischen klinischer Anamnese und EEG-Befund zeigt aber auch, daß zwischen beiden keine *direkte* Beziehung bestehen kann, zeigt, daß das Erscheinen eines abnormen oder pathologischen EEG-Bildes von verschiedenen Faktoren abhängig ist. Ein Faktor darunter ist die ererbte Anlage, und wenn z. B. eine Commotio (wie Paarling I bei 65jährigen ♀♀), ein Schlaganfall (I bei 77jährigen ♀♀) oder auch ein zehrendes Leiden wie das Carcinom (I bei 79jährigen ♀♀) nicht vermögen, im Vergleich zum EZ-Partner im EEG Spuren zu hinterlassen, und das Hirnstrommuster stabil bleibt, dann wird dies nicht der geringste Faktor sein.

Es ist bekannt, daß nicht jeder überstandene Schlaganfall im EEG einen Herdschaden hinterläßt. Andererseits kommt bei sonst gesunden alten Menschen ein Focus auch ohne eine nach außen als dramatisches Ereignis imponierende Erklärungsmöglichkeit vor. Beides würde in einem Material nichtverwandter Menschen kaum auffallen. Wenn Befund und Anamnese wie hier bei 77jährigen ♀♀ so divergieren, dann ist das ein Zeichen, wie zurückhaltend man im Einzelfall bei der „Suche" nach der Ätiologie pathologischer EEG-Befunde sein muß.

4. Die Intelligenztestergebnisse und ihre Beziehung zum EEG

Zur Frage stand in dieser Untersuchung, ob sich bei EZ eine Beziehung zwischen bestimmten abnormen oder pathologischen EEG-Befunden und der Abnahme der Intelligenz finden ließ.

Diese Frage konnte so nicht entschieden werden, da kein Maß für den stärkeren Intelligenz*abbau* bei einem Paarling erhalten wurde; die Testresultate erlaubten nur eine Aussage darüber, welches der intelligentere Paarling ist. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, daß die meist leichteren Herdschäden oder die ebenfalls diskordant auftretenden aktiven dysrhythmischen Gruppen, wie sie in diesem Material vorkamen, *keinen Einfluß auf das Verhältnis der Intelligenzhöhe zwischen beiden Zwillingspartnern* haben: Unter zehn Paaren erreichte der Paarling mit dem abnormen EEG-Befund in sechs Fällen einen nach dem HAWIE gemessenen höheren IQ als der andere Paarling. Im Ravenschen Matrizentest überragte er ihn in sogar sieben Fällen. Gerade in den

Fällen, in denen eine hohe IQ-Differenz zwischen den Paarlingen bestand, wurde von den Probanden lebhaft betont, daß der Betreffende schon in der Schule der „Bessere" war und auch jetzt die schwierigen Geschäfte erledige. *Diese von Jugend an höhere Intelligenz und die beibehaltene Übung sind somit die Grundlage für das auch im hohen Lebensalter trotz organischer Schäden nachgewiesene bessere Testergebnis des einen Zwillings.*

Als markantes Beispiel werden nochmals die 70jährigen ♀♀ erwähnt, die eine IQ-Differenz von 21 Punkten hatten und von denen II, die Intelligentere, schon in der Schule in einer Abschlußprüfung für die Schwester mit einsprang, die dann den Posten einer Chefsekretärin bekleidete — wogegen die Schwester Hausfrau wurde — und die jetzt im EEG deutliche pathologische Veränderungen (paroxysmelle Dysrhythmien und eine Seitenbetonung) zeigte.

Der intelligentere Paarling war übrigens keineswegs auch immer der Führende, der Sprecher; das war fast ausnahmslos der ältere Zwilling.

Die diskordant auftretenden EEG-Abnormitäten, deren Vorkommen mit dem Intelligenztestergebnis in Beziehung gesetzt wurde, bestanden zur guten Hälfte aus Herdschäden.

Daß Patienten mit Foci kein schlechteres Intelligenztestergebnis zeigten als Probanden mit normalem EEG, wurde schon 1956 von Thaler betont, und zwar in einer Untersuchung an alten Menschen, deren Auslesefreiheit allerdings bei der Fülle abnormer EEG (62%) in Frage steht, wogegen Barnes u. Mitarb. (1956) diese Beziehung nur bei Patienten mit funktionellen psychiatrischen Krankheiten oder organischen Gehirnsyndromen fanden. Die Befunde dieser Untersuchung bestätigen das Ergebnis von Thaler.

Die Interpretation darf allerdings nicht soweit gehen, Herdschäden und aktiven dysrhythmischen Gruppen schlechthin keinen Einfluß auf das Intelligenztestergebnis zuzubilligen. Man kann nur sagen, daß sich die in einer altersentsprechend klinisch gesunden Bevölkerung beobachteten, meist diskreten EEG-Veränderungen nicht *wesentlich* auf den IQ auswirken. Eine Einzelbeobachtung, bei der ein auch klinisch kranker Paarling mit einem schweren Focus das bessere Testergebnis erreichte, kann nicht verallgemeinert werden.

Einen Einfluß auf den IQ sollen nach Thaler diffuse EEG-Störungen haben. Dies wurde hier an dem Auftreten von Allgemeinveränderungen und frontopräzentral betonten ϑ-Wellen getrennt geprüft. Da beide Merkmale konkordant auftraten, verläßt uns hier die Möglichkeit, beide Zwillingspartner zu vergleichen. Bei der für einen solchen Vergleich geringen Zahl untersuchter Probanden konnte hier - wieder unter Berufung auf die klinisch in der Regel gesunden Menschen — keine deutliche Beziehung gefunden werden, wenn das Ergebnis auch in der erwarteten Richtung lag, daß nämlich Personen mit einer Allgemeinveränderung einen im Durchschnitt niedrigeren IQ erreichten.

Einige Bemerkungen noch zu den Testergebnissen.

Der ins einzelne gehende Vergleich der Ergebnisse des Ravenschen Matrizentests mit den EEG-Befunden erschien wenig fruchtbar, weil dieser Test nicht die Mannigfaltigkeit der durch den HAWIE erfaßten Funktionen mißt und weil das Begreifen der Aufgabenstellung den alten Zwillingspaaren oft große Schwierigkeiten machte.

Hinzu kam, daß im ersten Drittel der zweiten Bildserie (von den insgesamt sechs) für die Versuchspersonen eine Klippe zu liegen scheint: fanden sie hier die richtige Lösung, dann hatten sie die Problemstellung soweit erfaßt, daß sie auch in den folgenden Serien weiterkamen, andernfalls gaben sie für alle folgenden Lösungen nur eine nach der Ähnlichkeit, die dann für sie das Kriterium wurde, vermutete Lösung an. So entstanden gelegentlich große Differenzen bei den Zwillingen, die im HAWIE-Resultat keine Entsprechung fanden. Dies war bei 65jährigen ♀♀ besonders auffällig, von denen Paarling II, der nach dem HAWIE Intelligentere — zwölf richtige Lösungen angab, I dagegen 37, und zwar ganz offensichtlich deshalb, weil sie an der kritischen Stelle im Gegensatz zur Schwester auf den richtigen „Dreh" gekommen war.

In der Beschreibung der Methodik wurde auf die Schwierigkeiten bei der Erhebung der Intelligenztestbefunde und auf die sich daraus ergebenden Fehlermöglichkeiten hingewiesen. Das spiegelt sich in den hier niedrigeren Intertestkorrelationen gegenüber den an 35—49jährigen erhobenen Ergebnissen in der deutschen Standardisierung des Hamburg-Wechsler-Intelligenztestes für Erwachsene wider. Bei aller aus dieser Fehlermöglichkeit gebotenen Zurückhaltung sollen zwei Auffälligkeiten, die so eklatant sind, daß sie nicht zufällig sein können, besonders herausgestellt werden. Das ist zum einen das mit steigendem Alter immer deutlichere Abfallen der mit dem Handlungsteil gemessenen Fähigkeiten gegenüber den vom Verbalteil erfaßten Funktionen, und das ist zum anderen die Unmöglichkeit, den Abbauquotienten in diesem Material glaubhaft zu ermitteln. Der Leistungsabfall ist im Handlungsteil im Alter immer größer als der des Verbalteils. So werden beispielsweise für einen IQ von 100 bei 55—59jährigen im VT 44 Wertpunkte im HAWIE gefordert, im HT nur 42 Wertpunkte. Bemerkenswert ist in dieser Untersuchung der Grad des Leistungsabfalls, der noch über den an über 60jährigen in der Standardisierung von Riegel berücksichtigten Grad hinausgeht und dem dadurch besonderes Gewicht bezumessen ist, weil dies erst in der Altersgruppe über 65 Jahre eintritt, nicht aber bei den 50—64jährigen.

Der von Wechsler angegebene Abbauquotient, der sich aus dem Quotienten der Wertpunktsumme der im Alter für beständig zu den im Alter für unbeständig gehaltenen Unterteste errechnet, konnte bei über der Hälfte der Probanden nicht ermittelt werden, d.h. es verhielt sich bei den meisten Personen gerade umgekehrt.

Daß der Ermittlung und Bedeutung des Abbauquotienten oft widersprochen wurde [Riegel (1958a und b), dort auch ausführliche Literaturangaben], soll nur erwähnt werden. Als einzige Erklärungsmöglich-

keit für das besonders starke Abfallen des HT und die nur selten zu ermittelnden Abbauquotienten steht der Hinweis auf den in bezug auf die mit dem IQ meßbare Intelligenz nicht auslesefreien Probandenkreis. So lag der durchschnittliche IQ nach der Standardisierung von RIEGEL ja über 100, und die Bereitschaft zur freiwilligen Mitarbeit zu der ganzen Untersuchung setzte schon ein überdurchschnittliches Maß an Aufgeschlossenheit und Interessiertheit voraus. Oder sind die besonders guten verbalen Fähigkeiten und die Seltenheit, einen Abbauquotienten ermitteln zu können, ein allgemeines Charakteristikum der Berliner Großstadtbevölkerung?

Zusammenfassung

An 26 eineiigen Zwillingspaaren im Alter von 50 bis zu 79 Jahren wurde geprüft, ob sich die aus der Literatur bekannte Identität des normalen EEG-Musters auch im hohen Alter noch nachweisen läßt, und ob verschiedene beobachtete abnorme oder pathologische EEG-Merkmale konkordant oder diskordant auftreten. Darüber hinaus wurden die Beziehungen dieser EEG-Befunde zur Krankheitsanamnese und zum Intelligenztestergebnis untersucht und diskutiert.

Bei 23 Paaren wurde nach $^1/_4$—$^3/_4$ Jahr eine EEG-Kontrollableitung vorgenommen. — An Intelligenztesten wurden den Zwillingen der Hamburg-Wechsler-Intelligenztest (HAWIE) für Erwachsene sowie der Ravensche Matrizentest vorgelegt.

Die Ergebnisse:

1. In den durch quantitative Kriterien wie Grundrhythmus, durchschnittliche Amplitude und Sub-α-Prozentsatz sowie α-Index und Phasenkoordination an den occipitalen Kurvenabschnitten meßbaren Variablen wurden keine statistisch sicherbaren Differenzen zwischen Paarling I und II gefunden. Vorkommende Unterschiede gingen nicht über Unterschiede hinaus, die an einer Person zu verschiedenen Zeiten beobachtet wurden.

2. Die durch qualitative Kriterien gemessenen Reaktionen auf Hyperventilation und auf Augenöffnen waren bei den EZ gleich. Konkordant traten diffus oder frontopräzentral betonte β-Wellen auf, desgleichen frontopräzentral betonte ϑ-Wellen, die bei 15 Paaren vorwiegend hohen Alters beobachtet wurden. Konkordant verhielten sich auch die Frequenzlabilität, die starke Verlangsamung des Grundrhythmus sowie, mit leichter Variabilität im Grad der Ausprägung, fragliche und leichte Allgemeinveränderungen. Diskordant war dagegen das Vorkommen von Herdbefunden und aktiven dysrhythmischen Gruppen.

3. Die Gegenüberstellung abnormer sowie pathologischer EEG-Befunde mit der Krankheitsanamnese ergab bei drei Paaren in diesem sonst klinisch gesunden Personenkreis sichere Beziehungen. Bei den

übrigen Paaren fanden auch deutliche EEG-Befunde, wie z.B. Foci, keine Erklärung in der Anamnese; umgekehrt fanden gravierende Krankheitsereignisse wie eine Commotio, ein cerebraler Insult oder ein Carcinom auch im Vergleich mit dem gesunden Zwillingspartner keinen Niederschlag im EEG.

4. Die Gegenüberstellung der Intelligenztestergebnisse mit den EEG-Befunden zeigte, daß die diskordant auftretenden EEG-Merkmale (Herdbefunde und aktive dysrhythmische Gruppen) in dieser Zwillingsreihe nicht mit einer entsprechenden Einschränkung der geistigen Fähigkeiten gegenüber den gesunden Paarlingen einhergingen.

Ausschlaggebend für die Intelligenzhöhe waren lediglich die früher erreichte Überlegenheit über den Zwillingspartner sowie das geistige Training.

Ein durchschnittlich niedrigerer IQ von Personen mit Allgemeinveränderungen oder ϑ-Wellen im EEG gegenüber Personen ohne diese Merkmale war nur angedeutet; das ist durch den klinisch im wesentlichen gesunden Probandenkreis bedingt.

In der Diskussion wurde die trotz abnormer oder pathologischer Befunde bemerkenswerte Stabilität der genetisch determinierten EEG-Muster auch im hohen Alter betont. Das Vorkommen langsamer Wellen wurde als der Ausdruck eines genuinen Alternsprozesses angesehen, auf dessen Boden ein klinisch u.U. latentes Ereignis, das im EEG als Focus oder dysrhythmische Gruppe imponiert, eintritt. Der starke Leistungsabfall im Handlungsteil des HAWIE sowie die Seltenheit, einen Abbauquotienten ermitteln zu können, wurden erörtert.

Mein Dank gilt in erster Linie Herrn Prof. Dr. Vogel für die Unterweisung in den Grundlagen der Humangenetik sowie für vielfältige Beratung, Anregung und Kritik bei dieser Untersuchung, sodann Herrn Prof. Dr. Götze für die Einführung in die EEG-Auswertung, für Beratung und Anregung und für die Erlaubnis, die Untersuchungen in dem von ihm geleiteten Hirnstromlabor der Freien Universität in Berlin vornehmen zu dürfen.

Zu danken habe ich Herrn Dr. Helmbold für die Blutgruppenuntersuchungen, Herrn Dr. Kubicki für die Auswertung einiger schwieriger EEG sowie Fräulein E. Schalt für zeitraubende technische Assistenz.

Ich danke der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung dieser Untersuchung und ganz besonders den Zwillingen, die so freudig und bereitwillig diese Arbeit ermöglichten.

Literatur

[1] Andermann, K., and A. Stoller: EEG-patterns in hospitalized and non-hospitalized aged. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **13**, 319 (1961).

[2] Arndt, T., H. Losse u. G. Hütwohl: Vegetative Tonuslage und Hirnstrombild. Medizinische **56**, 622, 625—627 (1956).

[3] Barnes, R. H., E. W. Busse and E. L. Friedman: The psychological functioning of aged individuals with normal and abnormals electroencephalograms. II. A study of hospitalized individuals . J. nerv. ment. Dis. **124**, 585—593 (1956).

[4] Beaussart, M., R. Dellhay and M. Fontan: Correlations between the somatic and psychological EEG characteristics in five pairs of normal monocygotic twins. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **12**, 232 (1960).

[5] Bekeny, G., T. Hasznos u. F. Solti: Über die hyperkalämische Form der paroxysmalen Lähmung. Dtsch. Z. Nervenheilk. **182**, 92—118 (1961).

[6] Bohn, H., E. Koch, W. Rick, B. v. Kügelgen, A. Grützner, W. Gumbel u. W. Jesch: Über die Erwachsenenmukoviscidosis. Dtsch. med. Wschr. **86**, 1384—1394 (1961).

Bonnet, H., H. Bonnet et J. Courjon: L'aspect électroencéphalographique des atrophies cérébrales. Rev. neurol. **87**, 470 (1952).

[8] Brown, I. H.: Epilepsie in conjoined siamese twins. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **11**, 565—570 (1959).

[9] Bruens, J., H. Gastaut and C. Giove: Electroencephalographic study of the signs of chronic vascular insufficiency of the Sylvian region in aged people. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **12**, 283—295 (1960).

[10] Busse, E. W., R. H. Barnes, E. L. Friedman and E. J. Kelty: Psychological functioning of aged individuals with normal and abnormal electroencephalograms. I. A study of non-hospitalized community volunteers. J. nerv. ment. Dis. **124**, 135—141 (1956).

[11] Crawley, J. W.: Three cases of the juvenile form of amaurotic family idioty (Vogt-Spielmeyer- disease) with electroencephalographic findings. J. Pediat. **51**, 571—579 (1957).

[12] Critchley, M., and W. Denis: Identical twins, one suffering from petit mal, both with abnormal electroencephalograms. Proc. roy. Soc. Med. **32**, 1417 (1939).

[13] Daly, D., and R. Bickford: Electroencephalographic studies of identical twins with photo-epilepsy. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **3**, 245—249 (1951).

[14] Davidson, S., and C. W. Watson: Hereditary light sensitive epilepsy. Neurology (Minneap.) **6**, 235—261 (1956).

[15] Davis, P. A.: The EEG in old age. Dis. nerv. Syst. **2**, 77 (1941) (zit. nach Obrist 1954).

[16] Davis, H., and P. A. Davis: Action potentials of the brain in normal persons and in normal states of the cerebral activity. Arch. Neurol. Psychol. **36**, 1214—1224 (1936).

[17] Dencker, S. J.: A follow-up study of 128 closed head injuries in twins using co-twins as controls. Acta psychiat. scand. **33**, Suppl. 123, 1—125 (1958).

[18] Diehl, K., u. O. v. Verschuer: Zwillingstuberkulose. Jena: Gustav Fischer 1933.

[19] Ellingson, R. J.: The incidence of EEG abnormality among patients with mental disorders of apparently nonorganic origin: A critical review. Amer. J. Psychiat. **111**, 263—275 (1954).

[20] — R. C. Wilcott, J. G. Sineps and F. J. Dudek: EEG frequency-pattern variation and intelligence. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **9**, 657—660 (1957).

[21] Engel, R., C. Oltmann and J. Stevens: Conjoined thoracophagus infants. Electroencephalographic observations before and after separation. Arch. Neurol. Psychiat. (Chic.) **4**, 90—96 (1961).

[22] Frey, T. S., and H. Sjögren: The electroencephalogram in presenile and senile patients. Acta psychiat. scand. **31**, Suppl. 106, 72—73 (1956).

[23] — The electroencephalogram in elderly persons suffering from neuropsychiatric disorders. Acta psychiat. scand. **34**, 438—450 (1959).

[24] Friedlander, W. J.: Electroencephalographic alpha-rate in adults as a function of age. Geriatrics **13**, 29—31 (1958).

[25] Fuller, J. L., and W. R. Thompson: Behavior genetics. New-York: John Wiley and Sons Inc. 1960 (zit. nach Vogel 1961).
[26] Gastaut, H.: Correlations between the electroencephalographic and the psychometric variables (M.M.P.I., Rosenzweig, intelligence tests.) Electroenceph. clin. Neurophysiol. **12**, 226—227 (1960).
[27] Gatti, B., e L. Gervasio: Contributo allo studio EEG nei gemelli. Riv. Neurol. **29**, Suppl. zu Nr 6, 850—868 (1959).
[28] Gibbs, F. A., and E. L. Gibbs: Atlas of electroencephalography, 2. Aufl., Bd. 1 1950, Bd. 2 1952, Cambridge.
[29] — — and W. G. Lennox: Electroencephalographic response to overventilation and its relation to age. J. Pediat. **23**, 597—605 (1943).
[30] Gingras, G., R. Lemieux, V. Susset, J. M. Chevrier and C. Quirion: Twins and cerebral palsy, a combined study. Acta Genet. med. (Roma) **7**, 249—265 (1958).
[31] Götze, W., F. Vogel u. M. Wolter: Findet man im Hirnstrombild von Zwillingen besonders häufig pathologische Veränderungen? Dtsch. Z. Nervenheilk. **177**, 374—377 (1958).
[32] Gottlober, A. B.: The inheritance of brain potential patterns. J. exp. Psychol. **22**, 193—200 (1938).
[33] Greenblatt, M., M. M. Healey and G. A. Jones: Age and electroencephalographic abnormality in neuropsychiatric patients: A study of 1593 cases. Amer. J. Psychiat. **101**, 82—90 (1944).
[34] Harvald, B.: Heredity in epilepsy, an electroencephalographic study of relativs of epileptics. Op. ex. Dom. Biol. Hered. Hum. Univ. Hafn. 35. Kopenhagen: Munksgaard 1954.
[35] — EEG in old age. Acta psychiat. scand. **33**, 193—196 (1958).
[36] Herrlin, K. M.: Epilepsy, light-sensitivity and left-handedness in a family with monocygotic triplets. Pediatrics **25**, 385—399 (1960).
[37] Hill, F. S., J. G. Hughes and B. Camp Davis: Electroencephalographic findings in sickle cell anemia. Pediatrics **6**, 277—285 (1950).
[38] Hirano, H.: Studies on electroencephalogram in old people. Proc. VI. Ann. Meet. Jap. EEG Soc. 1957, p. 126—127.
[39] Husén, T.: Psychological twin research. I. A methodological study. Acta universitatis Stockholmiensis. Uppsala: Almqvist & Wiksell 1959.
[40] Inouye, E.: Observations on forty twin index cases with chronic epilepsy and their co-twins. J. nerv. ment. Dis. **130**, 401—416 (1960).
[41] — Heretability of EEG patterns analysed by frequency analyser. Paper, read at the Second Internat. Conf. of Human Genetics in Rome 1961.
[42] Jaffe, R., and E. Reisman: EEG and mental status: A correlative study in 100 aged subjects. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **12**, 245 (1960).
[43] Jarvik, L. F., F. J. Kallmann, A. Falek and M. M. Klaber: Changing intellectual functions in senescent twins. Acta genet. (Basel) **7**, 421—430 (1957).
[44] Juel-Nielsen, N., and B. Harvald: The electroencephalogram in uniovular twins brought up apart. Acta genet. (Basel) **8**, 57—64 (1958).
[45] —, and A. Nielsen: A simple method of matching certain results from investigations of uniovular twin-partners. Acta genet. (Basel) **8**, 147—152 (1958).
[46] Jung, R.: Die Tätigkeit des Nervensystems. Und: Neurophysiologische Untersuchungsmethoden. In: Handbuch der inneren Medizin, 4. Aufl., Bd. V, Teil 1. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953.
[47] Kamide, H., T. Fukuda and T. Noguchi: Electroencephalographic studies on epileptic twins. Fol. psychiat. neurol. jap. **8**, 193 (1954).
[48] Kløve, H.: Relationship of differential electroencephalographic pattern to distribution of Wechsler-Bellevue-scores. Neurology (Minneap.) **9**, 871—876 (1959).

[49] KNOTT, J. R.: EEG and behavior. Amer. J. Orthopsychiat. **30**, 292—297 (1960).
[50] — E. B. PLATT, M. C. ASHBY and J. S. GOTTLIEB: A familial evaluation of the electroencephalogram of patients with primary behavior disorder and psychopathic personality. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **5**, 363—370 (1953).
[51] KRUMP, J. E.: Die Lebenswandlung des EEG bei Herz- und Kreislaufkranken. Verh. dtsch. Ges. Kreisl.-Forsch. 1958, 258—265.
[52] LENNOX, G. W.: Transmission of the cerebral dysrhythmias and seizures of epilepsy. Novant'anni delle leggi mendeliane, p. 303—310. Rom: Gedda 1956.
[53] —, and A. L. COLLINS: Intelligence of normal and epileptic twins. Amer. J. Psychiat. **101**, 764—769 (1945).
[54] — E. L. GIBBS and F. A. GIBBS: Twins, brain-waves and epilepsy. Arch. Neurol. Psychiat. (Chic.) **47**, 702—706 (1942).
[55] —, and D. H. JOLLY: Seizures, brain-waves and intelligence tests of epileptic twins. Ass. Res. nerv. Dis. Proc. **33**, 325—345 (1954).
[56] LIBERSON, W. T., and C. A. SEQUIN: Brain waves and clinical features in arteriosclerotic and senile mental patients. Psychosom. Med. **7**, 30—35 (1945a).
[57] — — Brain waves and heredity in mental diseases. Psychosom. Med. **7**, 35—38 (1945b).
[58] LIDDELL, D. W.: Investigations of EEG findings in presenile dementia. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. **21**, 173—176 (1958).
[59] LITTLE, S. C., and N. K. WEAVER: Epilepsy in twins, an analysis of five twin-pairs, with electroencephalographic studies. Amer. J. Dis. Child. **79**, 223—232 (1950).
[60] LUCE jr., R. A., and D. ROTHSCHILD: The correlation of electroencephalographic and clinical observations in psychiatric patients over 65. J. Geront. **8**, 167—172 (1953).
[61] LUNDERVOLD, A., A. ENGESET and A. LÖNNUM: The EEG in cerebral atrophy. Wld Neurol. **3**, 226—234 (1962).
[62] MAGGS, R., and E. C. TURTON: Some EEG findings in old age and their relationship to affective disorder. J. ment. Sci. **102**, 812—818 (1956).
[63] MCADAM, W. L., and R. A. ROBINSON: Senile intellectual deterioration and the electroencephalogram: A quantitative correlation. J. ment. Sci. **102**, 819—825 (1956).
[64] — — Psychiatric and electroencephalographic studies in socially adjusted old people. J. ment. Sci. **104**, 840—843 (1958).
[65] MENGOLI, G.: L'elettroencefalogramma nei vecchi. Riv. Neurol. **22**, 166—193 (1952); und The EEG in old age. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **4**, 232 (1952).
[66] METRAKOS, J. D., and K. METRAKOS: Genetics of convulsive disorders. I. Introduction, problems, methods and base lines. Neurology (Minneap.) **10**, 228—240 (1960).
[67] — — Genetics of convulsive disorders. II. Genetic and electroencephalographic studies in centrencephalic epilepsy. Neurology (Minneap.) **11**, 474—483 (1961).
[68] MEYER, J. S., H. LEIDERMANN and D. DENNY BROWN: Electroencephalographic study of insufficiency of the basilar and carotid arteries in man. Neurology (Minneap.) **6**, 455—477 (1956).
[69] MUNDY-CASTLE, A. C.: Theta and beta rhythm in the electroencephalograms of normal adults. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **3**, 477—486 (1951).
[70] — L. A. HURST, D. M. BEERSTECHER and T. PRINSLOO: The electroencephalogram in the senile psychoses. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **6**, 245—253 (1954).
[71] —, and G. K. NELSON: Intelligence, personality and brain rhythms in a socially isolated community. Nature (Lond.) **185**, 484—485 (1960).

[72] Obrist, W. D.: The electroencephalogram of normal aged adults. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **6**, 235—244 (1954).
[73] —, and C. E. Henry: Electroencephalographic findings in aged psychiatric patients. J. nerv. ment. Dis. **126**, 254—267 (1958a).
[74] — — Electroencephalographic frequency analysis of aged psychiatric patients. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **10**, 621—632 (1958b).
[75] Pampiglione, F., and F. Post: The value of electroencephalographic examinations in psychiatric disorders of old age. Geriatrics **13**, 725—732 (1958).
[76] Pescetto, G., e G. P. Paladini: Contributo allo studio dell'epilessia nei gemelli. Stist. nerv. **10**, 216—230 (1958).
[77] Raney, E. T.: Brain potentials and lateral dominance in identical twins. J. exp. Psychol. **24**, 21—39 (1939).
[78] Raven, J. C.: Guide to using the Mill Hill Vocabulary Scale with the Progressive Matrices Scales. London: Lewis & Co. Ltd. 1958.
[79] Richter, K.: EEG-Untersuchungen von Angehörigen genuiner Epileptiker. Arch. Psychiat. Nervenkr. **194**, 443—455 (1956).
[80] — Über Anlagefaktoren im EEG. Fortschr. Neurol. Psychiat. **28**, 332—350 (1960).
[81] Riegel, K. F.: Ergebnisse und Probleme der psychologischen Alternsforschung. Vita hum. (Basel) **1**, 52—64, 111—127 (1958a).
[82] — Untersuchung über intellektuelle Fähigkeiten älterer Menschen. Inaug.-Diss. Hamburg 1958b.
[83] Riegel, R. M., u. K. F. Riegel: Standardisierung des Hamburg-Wechsler-Intelligenztestes für die Altersstufen über 50 Jahre. Diagnostica (Göttingen) **5**, 97—128 (1959).
[84] Rodin, E. A., and J. L. Whelan: Familial occurrence of focal temporal electroencephalographic abnormalities. Neurology (Minneap.) **10**, 542—545 (1960).
[85] Rohracher, H.: Ein einfacher Index zur Auswertung der α-Wellen des Elektroencephalogramms. Arch. Psychiat. Nervenkr. **184**, 487—492 (1950).
[86] Rozsival, N.: The EEG findings in members of one family suffering of spinal paralysis (Strümpell). Electroenceph. clin. Neurophysiol. **13**, 139 (1961).
[87] Shagass, C.: An attempt to correlate the occipital alpha frequency of the electroencephalogram with performance on a mental ability test. J. exp. Psychol. **36**, 88—92 (1946).
[88] Sheridan, F. P., C. L. Yeager, W. A. Oliver and A. Simon: Electroencephalography as a diagnostic and prognostic aid in studying the senescent individual. J. Geront. **10**, 53 (1955).
[89] Silverman, A. J., E. W. Busse and R. H. Barnes: Studies in the processes of aging: Electroencephalographic findings in 400 elderly subjects. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **7**, 67—74 (1955).
[90] Sisson, B. D., and R. J. Ellingson: The electroencephalogram in cerebral atrophy. J. nerv. ment. Dis. **123**, 244—248 (1956).
[91] Smith, S. M.: Discrimination between electroencephalograph recordings of normal females and normalm ales. Ann. Eugen. (Cambridge) **18**, 344—350 (1954).
[92] Strauss, H., L. Linn and M. Ostow: Electroencephalographic and neuropsychiatric observations in patients with senile cataract. Mschr. Psychiat. Neurol. **130**, 321—327 (1955).
[93] — W. E. Rahm and S. E. Barrera: Electroencephalographic studies in relatives of epileptics. Proc. Soc. exp. Biol. (N. Y.) **42**, 207—212 (1939).
[94] Swain, J. M.: Electroencephalographic abnormalities in presenile atrophy. Neurology (Minneap.) **9**, 722—727 (1959).
[95] Thaler, M.: Relationship among Wechsler, Weigl, Rorschach, EEG findings and abstract-concrete behavior in a group of normal aged subjects. J. Geront. **4**, 404—409 (1956).

[96] Travis, L. E., and A. Gottlober: Do brain waves have individuality? Science **84**, 532—533 (1936).

[97] — — How consistent are an individual's brain potentials from day to day? Science **85**, 223—224 (1937).

[98] Tsuiki, S.: Electroencephalographic studies in the genetics of schizophrenia. Psychiat. Neurol. jap. **5**, 576—601 (1962).

[99] Turton, E. C.: The EEG as a diagnostic and prognostic aid in the differentiation of organic disorders in patients over 60. J. ment. Sci. **104**, 461—465 (1958).

[100] —, and P. K. G. Warren: Dementia: A clinical and EEG study of 274 patients over the age of 60. J. ment. Sci. **106**, 1493—1500 (1960).

[101] Verdeaux, G., J. Verdeaux et J. Turmel: Etude statistique de la frequence et de la réactivité des électroencéphalogrammes chez les sujects âgés. Canad. psychiat. Ass. J. **6**, 28—36 (1961) (zit. nach Zbl. ges. Neurol Psychiat. **163**, 155 (1961).

[102] Verschuer, O. Frh. v.: Genetik des Menschen. München u. Berlin: Urban & Schwarzenberg 1959.

[103] Vogel, F.: Über die Erblichkeit des normalen Elektroencephalogramms. Stuttgart: Georg Thieme 1958.

[104] — Lehrbuch der allgemeinen Humangenetik. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1961.

[105] — Genetische Aspekte des EEG. Vortrag, gehalten auf der 10. Tagung der Dtsch. EEG-Ges. Bad Nauheim 1962(a).

[106] — Ergänzende Untersuchungen zur Genetik des menschlichen Niederspannungs-EEG. Dtsch. Z. Nervenheilk. **184**, 105—111 (1962b).

[107] — Untersuchungen zur Genetik der beta-Wellen im EEG des Menschen. Dtsch. Z. Nervenheilk. **184**, 137—173 (1962c).

[108] —, u. W. Götze: Familienuntersuchungen zur Genetik des normalen Elektroencephalogramms. Dtsch. Z. Nervenheilk. **178**, 668—700 (1959).

[109] — — Statistische Betrachtungen über die beta-Wellen im EEG des Menschen. Dtsch. Z. Nervenheilk. **184**, 112—136 (1962).

[110] — G. G. Wendt u. H. Oepen: Das EEG und das Problem einer Frühdiagnose der Chorea Huntington. Dtsch. Z. Nervenheilk. **182**, 355—361 (1961).

[111] Walter, W. G., D. Hill and D. Williams: Discussion on the electroencephalogram in organic cerebral disease. Proc. roy. Soc. Med. **41**, 237—250 (1948).

[112] Walton, J. N., L. G. Kiloh, J. W. Osselton and J. Farrall: The electroencephalogram in pernicious anaemia and subacute combined degeneration of the cord. Electroenceph. clin. Neurophysiol. **6**, 45—64 (1954).

[113] Wechsler, D.: Die Messung der Intelligenz Erwachsener (Textband zum Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene). Deutsche Bearbeitung von A. Hardesty u. H. Lauber. Bern u. Stuttgart: Hans Huber 1956.

[114] Weiner, H., and D. B. Schuster: The electroencephalogram in dementia. — Some preliminary observations and correlations. Electroenceph. clin. Neurophysiol. 8, 479—488 (1958).

[115] Yamada, T.: Heterogeneity of schizophrenia as demonstrable in electroencephalography. Bull. Osaka med. Sch. **6**, 107—146 (1960).

[116] Yamauchi, J. A.: A study of EEG in elderly subjects by frequency analysis. Psychiat. Neurol. jap. **62**, 1607—1619 (1960).

[117] Zanocco, G.: EEG features in brain atrophy. 1. Congr. internat. Sci. neurol. 1957, p. 460—461.

Dr. Dietrich Heuschert,
1 Berlin 45, Weddigenweg 43

Lebenslauf

Am 12. November 1933 wurde ich, Dietrich Heuschert, als Sohn des Arztes Dr. med. Carl-August Heuschert und seiner Ehefrau Margarete Heuschert, geb. Zabel, in Greifswald geboren.

Von 1940 bis 1943 besuchte ich in Neubrandenburg die Grundschule und von 1943 bis 1945 das dortige humanistische Gymnasium. Danach kam ich bis 1948 auf die Einheitsschule in Rostock. Den altsprachlichen Zweig der Oberschule verließ ich 1952 mit gut bestandenem Abitur.

An der Universität Rostock studierte ich zunächst vier Semester Theologie, darauf — ab 1954 — Medizin. 1955 verließ ich Rostock und setzte mein Studium nach Ablegung einer Abiturergänzungsprüfung im Wintersemester 1955/56 an der Freien Universität in Berlin fort. Hier bestand ich 1957 das Physikum und im März 1961 mit der Note „gut" das medizinische Staatsexamen. Seitdem arbeite ich als Medizinalassistent an Berliner Krankenhäusern.

Seit 1961 bin ich mit der Medizinalassistentin Mathilde Heuschert, geb. Hüske, verheiratet.